Architectures
Réseaux à grande et petite échelle

Frédéric Camps - LAAS/CNRS
fcamps@laas.fr

Agenda

- Architecture globale du cyber-système,
- Notion d'architecture système,
- Architectures classiques : self, home, city, work, commune,
- Les architecture verticales et les évolutions,
- Les architectures Cloud, Edge, Fog,
- Les services cloud comme solution industrielle : LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,
- Les composants d'une plateforme
- Architecture et réseau des bus de terrain
- Architecture et réseau des architecture Home, City
- Architecture et réseau des architecture Self

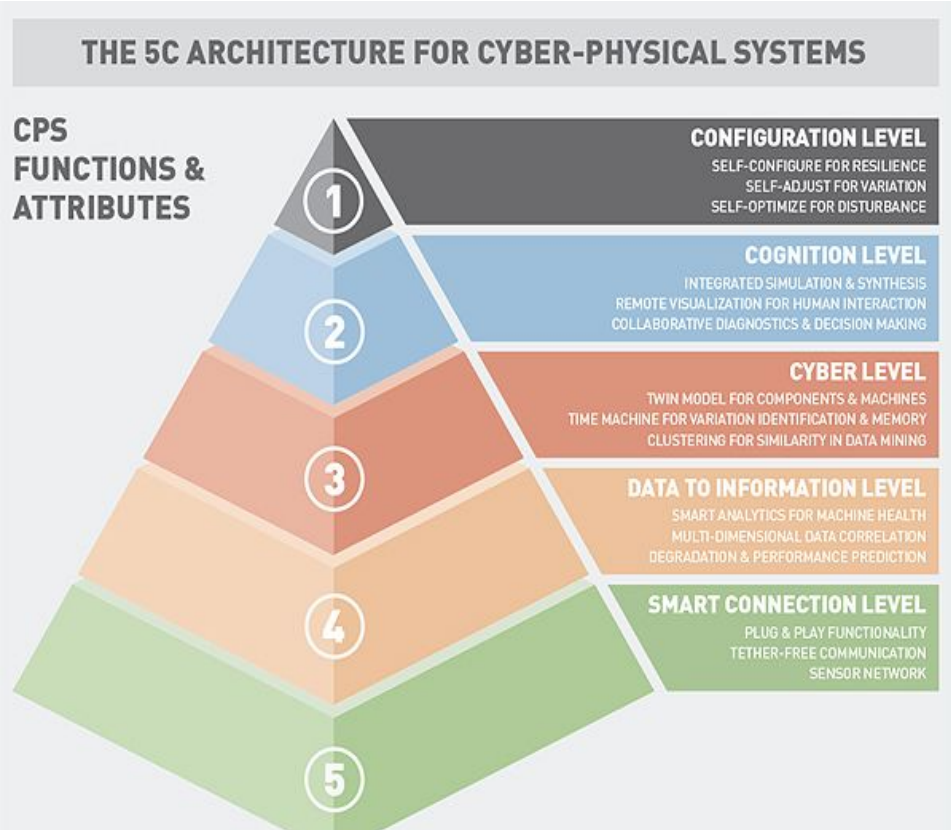
IoT : Des réseaux à grande et petite échelle

- L'IoT utilise des réseaux filaires et radio pour communiquer
- Les échelles des réseaux sont très différentes
- Les technologies sont très variées
- Les architectures sont très variées également
- Conséquences :
  - Complexité technologique importante
  - L'évolution est rapide
  - Le choix est parfois difficile
  - Les métiers deviennent complexes …

Architecture globale du cyber-système

Source: Lee, J., Bagheri, B., Kao, H.-A., 2015. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters 3, 18–23.

Architecture globale / Les Systèmes Cyber-Physiques (CPS)



. **C5. Au niveau Connexion**, le CPS opère sur un réseau Plug&Play et utilise des données envoyées par un réseau de capteurs ; IoT, IIoT.

- **C4. Au niveau Conversion**, le CPS sait traiter l'information et la retranscrire en informations de plus haut niveau ;

- **C3. Au niveau Cyber**, le CPS a une connaissance des autres CPS de l'environnement et peut interagir avec eux pour enrichir son propre traitement d'information ;

- **C2. Au niveau Cognition**, le CPS est capable d'établir un diagnostic basé sur des simulations de son propre comportement et une analyse différentielle des données de capteurs ;

- **C1. Au niveau Configuration**, le CPS peut s'adapter seul en cas de défaillance, se reconfigurer ou ajuster de manière autonome ses paramètres afin de retourner à un comportement nominal.

Architectures des systèmes

Agenda

- Architecture globale du cyber-système,
- **Notion d'architecture système,**
- Architectures classiques : self, home, city, work, commune,
- Les architecture verticales et les évolutions,
- Les architectures Cloud, Edge, Fog,
- Les services cloud comme solution industrielle : LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,
- Les composants d'une plateforme,
- Architecture et réseau des bus de terrain
- Architecture et réseau des architecture Home, City
- Architecture et réseau des architecture Self

Notion d'architecture système

Qu'est ce qu'une architecture ?

- Une architecture définie les différents éléments d'un système,
- Les acteurs (humains et systèmes),
- Les interfaces qui interconnectent les éléments,
- Les comportements dynamiques …

https://www.itu.int/en/publications/Pages/default.aspx

L'architectures d'une plateforme IOT (simplifiée) / Normalisation

UIT-T Y.2060 - Union internationale des télécommunications (documents gratuits)

- Y.4000/Y.2060 (Overview of the IoT)
- Y.4050/Y.2069 (Terms and definitions for the IoT)
- Y.4100/Y.2066 (Common requirements of the IoT)
- Y.4103/F.748.0 (Common requirements for IoT applications)
- Y.4552/Y.2078 (Application support models of the IoT)
- Y.4111/Y.2076 (Semantics-based requirements and framework of the IoT)
- Y.4113 (Requirements of the network for the IoT)
- Y.4453 (Adaptive software framework for IoT devices)
- Y.4101/Y.2067 (Common requirements and capabilities of a gateway for IoT applications)
- Y.4112/Y.2077 (Requirements of the plug and play (PnP)
- Y.4401/Y.2068 (Functional framework and capabilities of the IoT)
- Y.4806 (Security capabilities supporting safety of the IoT)

Notion d'architecture système

https://www.itu.int/en/publications/Pages/default.aspx

L'architectures d'une plateforme IOT (simplifiée) / Normalisation

ISO/IEC - (documents payants)

- ISO/IEC 20924:2018 (IoT definition and vocabulary)
- ISO/IEC 21823-1:2019 (Interoperability for IoT systems – Part 1: Framework)
- ISO/IEC 22417:2017 (IoT use cases)
- ISO/IEC 29161:2016 (Unique identification for the IoT)
- ISO/IEC 29181-9:2017 (Future Network – Problem statement and requirements, Part 9: Networking of everything)
- ISO/IEC 30141:2018 (IoT reference architecture)

Notion d'architecture système

https://www.itu.int/en/publications/Pages/default.aspx

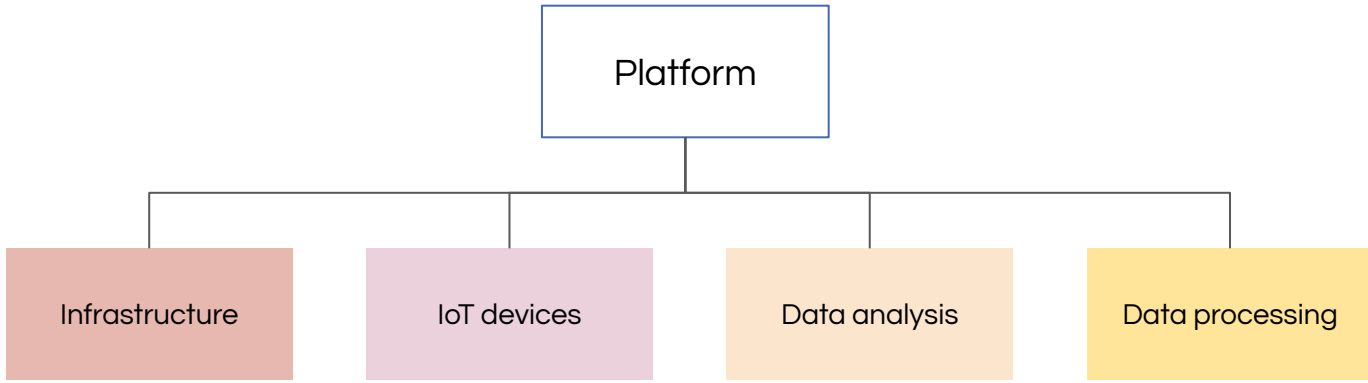
L'architectures d'une plateforme IOT (simplifiée) / Normalisation

IEEE standards - (documents payants)

- P2413 (Architectural framework (AF) for the IoT)
- P1451-99 (Harmonization of IoT devices and systems)
- P1931.1 (AF for real-time onsite operations facilitation for the IoT)
- P2668 (Maturity index of IoT: evaluation, grading and ranking)

Architecture de haut niveau (simplifiée)

- Une architecture basée sur des composants permet de remplacer un composant par une autre version voire une autre technologie.
- L'architecture du système est évolutive et modulaire.
- <u>Dans un premier temps on fait abstraction des réseaux.</u>



Notion d'architecture système

http://www.etsi.org/

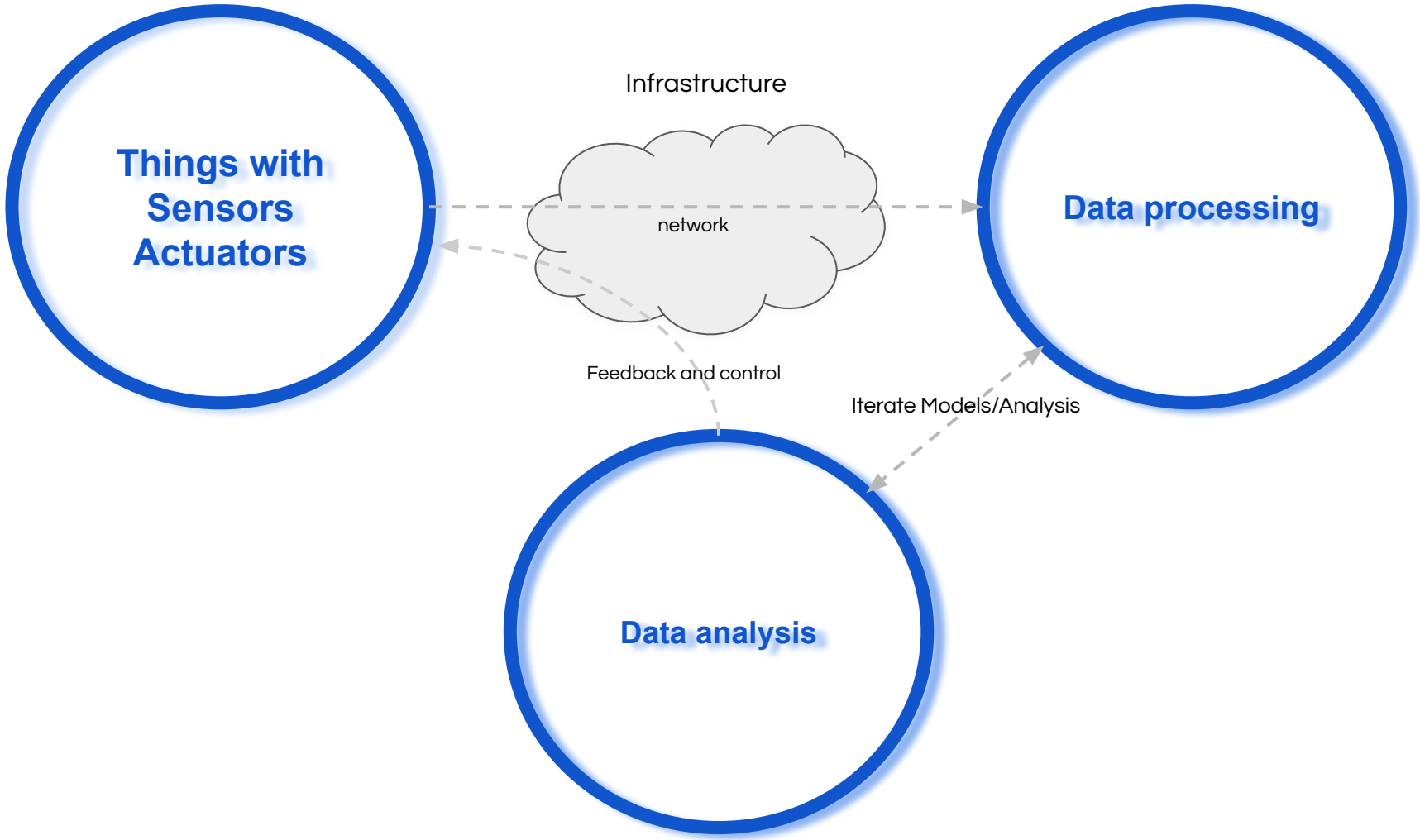
Les 4 composants majeurs d'une plateforme IoT (simplifiée)

- **Le parc d'objets IoT**: géographiquement dispersé, technologie hétérogène,
- **Infrastructure**: radio, filaire, bus de terrain, protocole …
- **Data processing**: normalisation des données, queuing, database, search engine, règles d'analyse, comportement event driven,
- **Data analysis**: modèle, analyse, feedback vers IoT, IA

Notion d'architecture système

http://www.etsi.org/

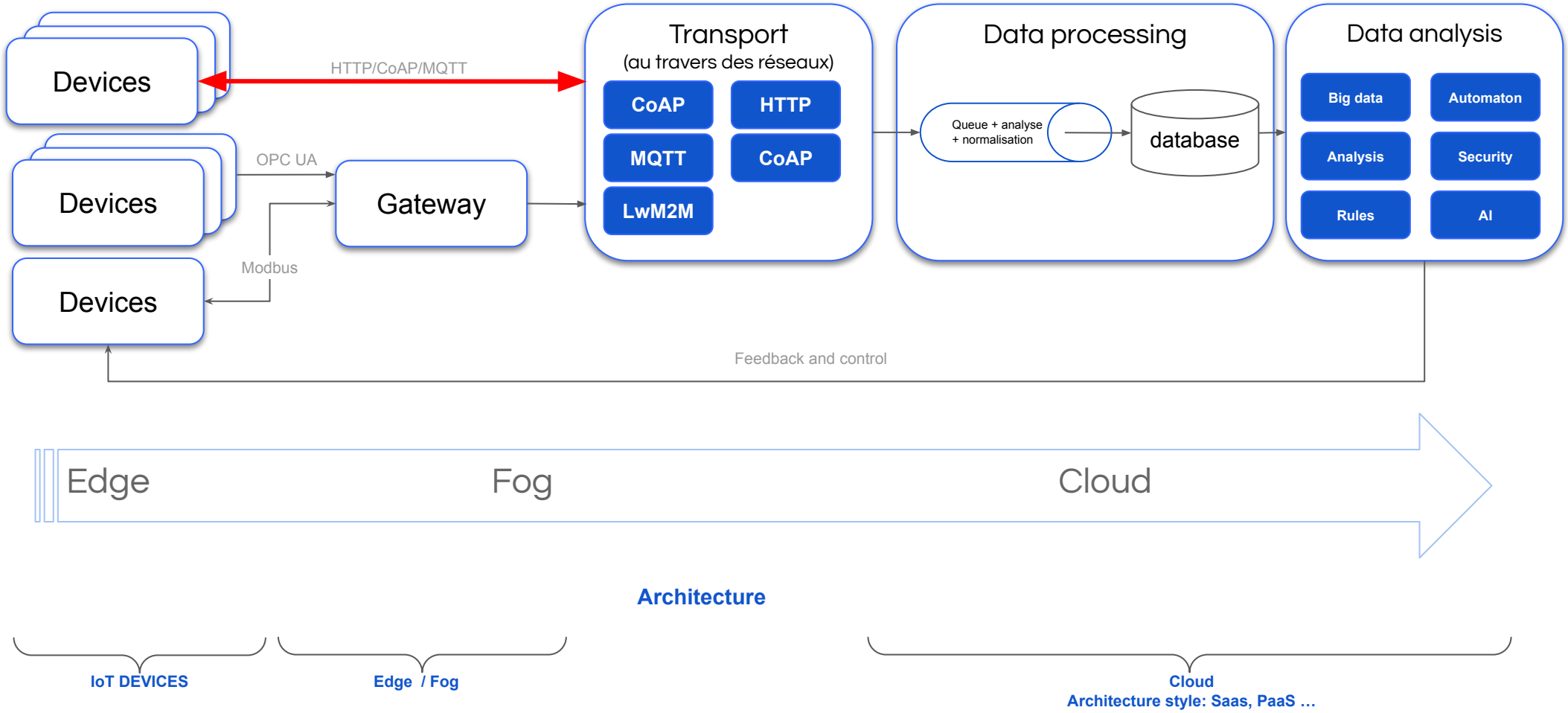
Les 4 composants majeurs d'une plateforme IoT (simplifiée)



Notion d'architecture système

IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 7, NO. 10, OCTOBER 2020 - P10091 /
Landscape of Architecture and Design Patterns for IoT Systems - https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9120234

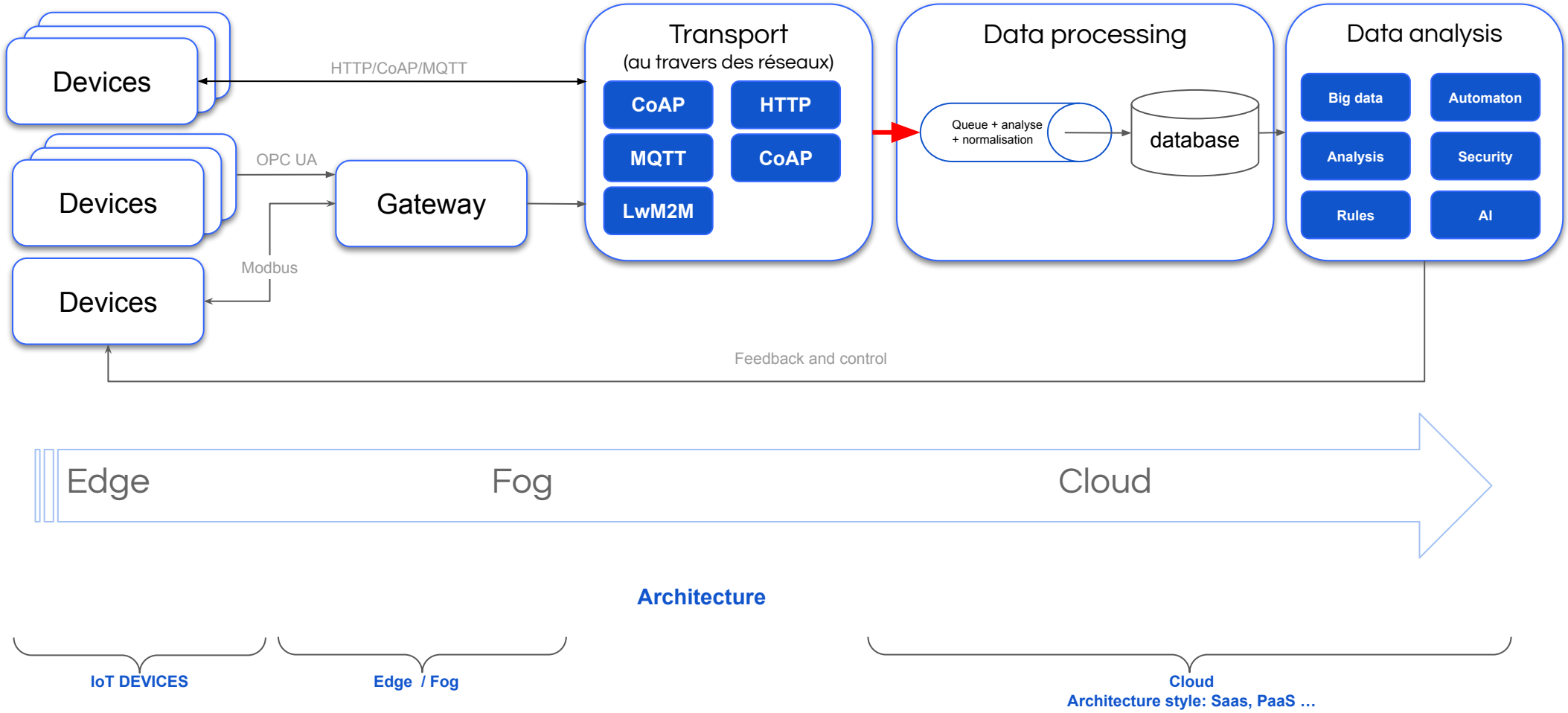
Les 4 composants majeurs d'une plateforme IoT (simplifiée)



Notion d'architecture système

IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 7, NO. 10, OCTOBER 2020 - P10091 /
Landscape of Architecture and Design Patterns for IoT Systems - https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9120234

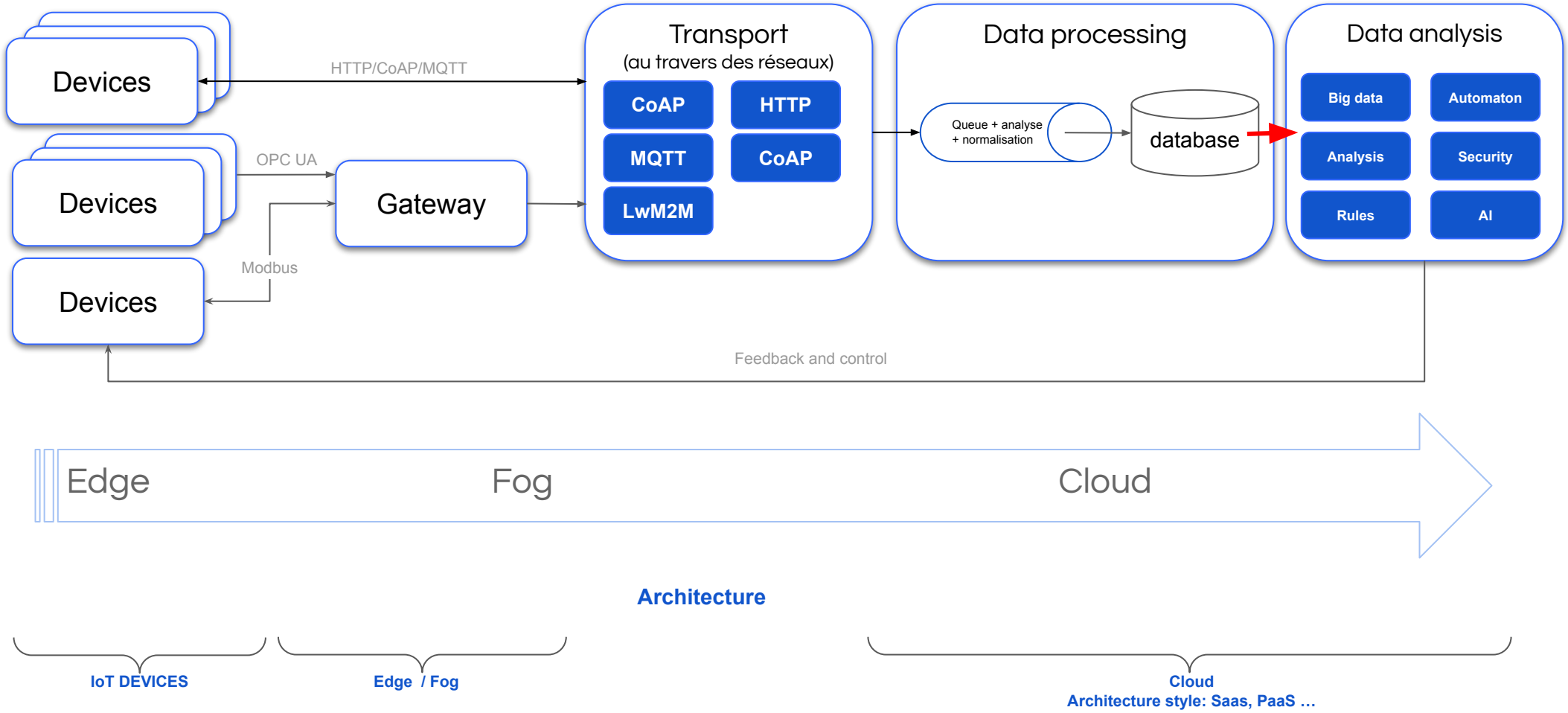
Les 4 composants majeurs d'une plateforme IOT (simplifiée)



Notion d'architecture système

IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 7, NO. 10, OCTOBER 2020 - P10091 /
Landscape of Architecture and Design Patterns for IoT Systems - https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9120234

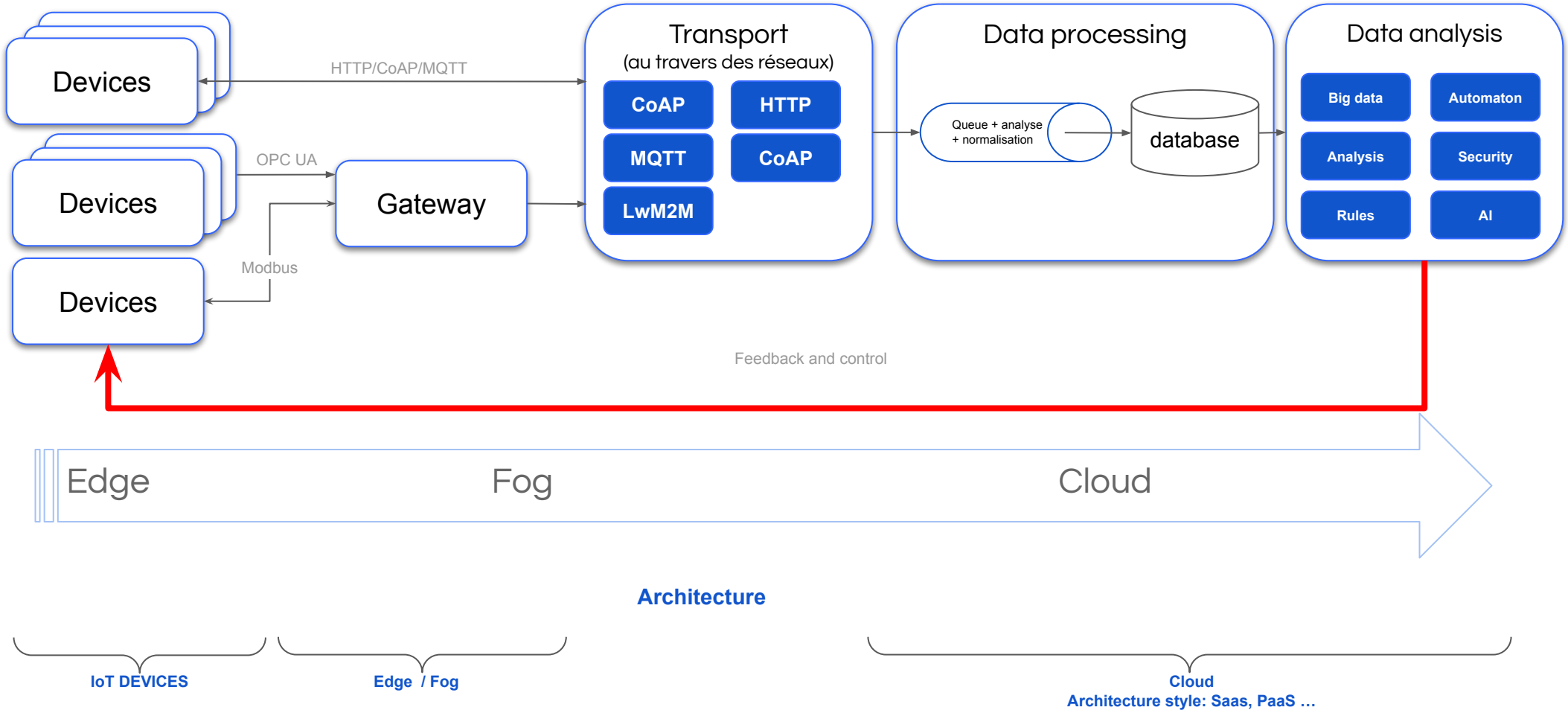
Les 4 composants majeurs d'une plateforme IOT (simplifiée)



Notion d'architecture système

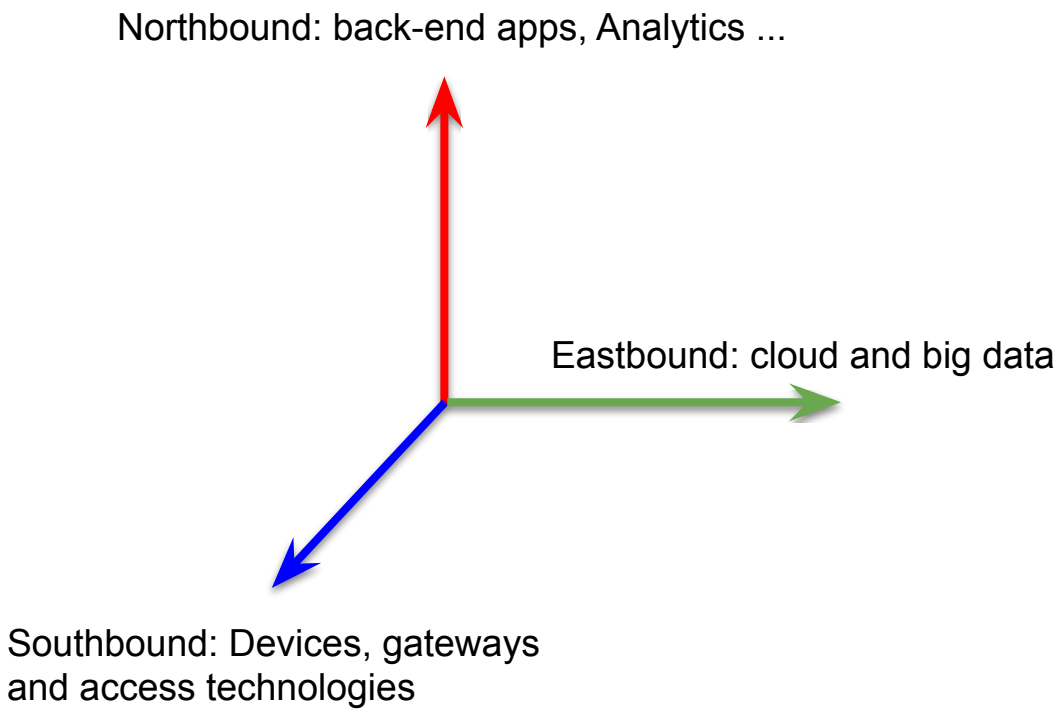
IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 7, NO. 10, OCTOBER 2020 - P10091 /
Landscape of Architecture and Design Patterns for IoT Systems - https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9120234

Les 4 composants majeurs d'une plateforme IOT (simplifiée)



https://en.wikipedia.org/wiki/Northbound_interface

L'architectures d'une plateforme IOT (simplifiée)

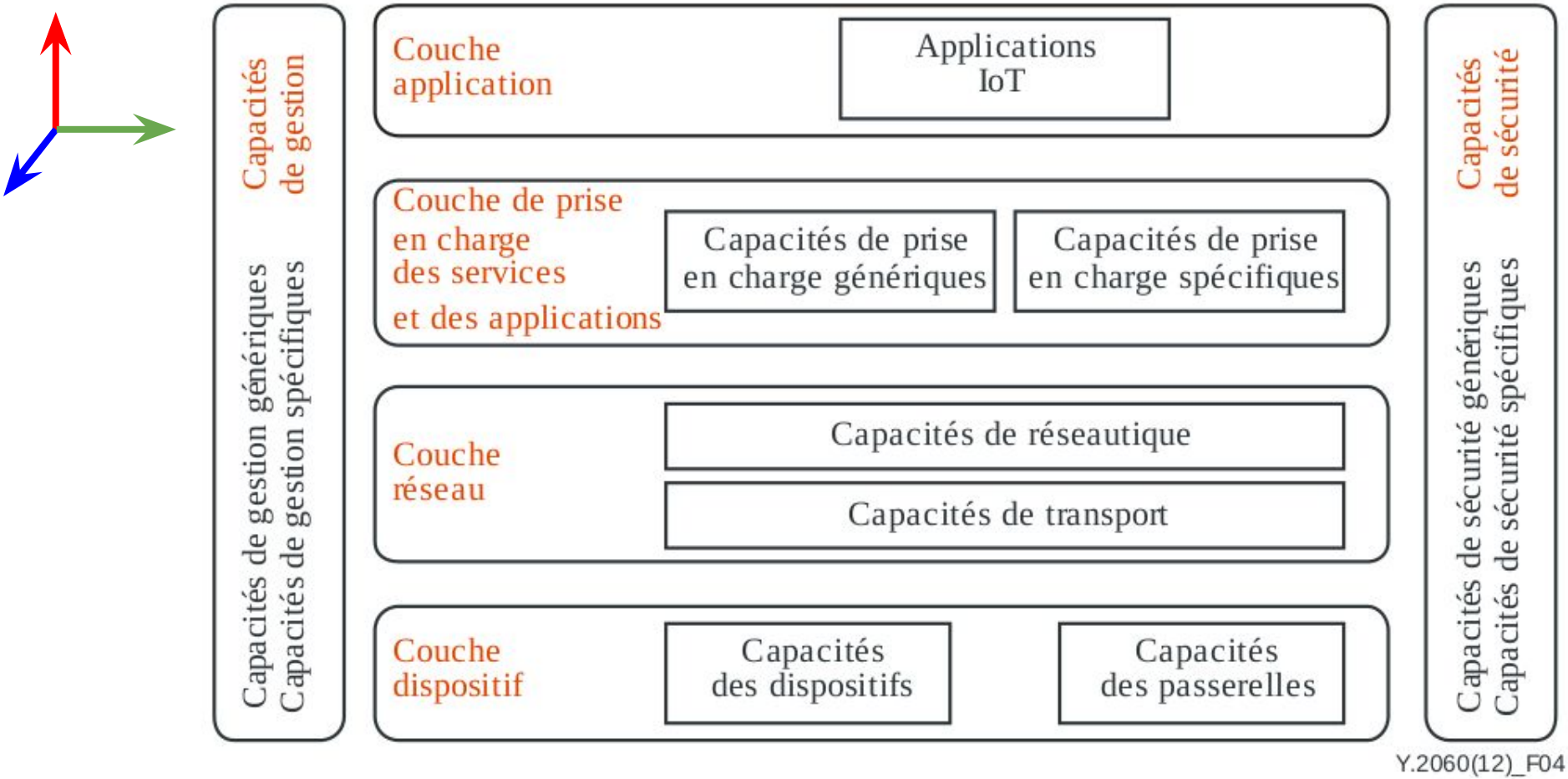


Notion d'architecture système

https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I/fr

L'architectures d'une plateforme IOT (simplifiée) / Normalisation

UIT-T Y.2060 - Union internationale des télécommunications



Notion d'architecture système

https://en.wikipedia.org/wiki/Northbound_interface

L'architectures d'une plateforme IOT (simplifiée)

Les schémas d'architecture:

- Les interfaces northbound est la partie supérieure du composant,
- Les interfaces southbound, dans la partie inférieure,
- Ces termes s'appliquent dans presque tous les types de réseau ou de système informatique.

Architectures des systèmes

Agenda

- Architecture globale du cyber-système,
- Notion d'architecture système,
- **Architectures classiques : self, home, city, work, commune,**
- Les architecture verticales et les évolutions,
- Les architectures Cloud, Edge, Fog,
- Les services cloud comme solution industrielle : LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,
- Les composants d'une plateforme open source,
- Architecture et réseau des bus de terrain
- Architecture et réseau des architecture Home, City
- Architecture et réseau des architecture Self

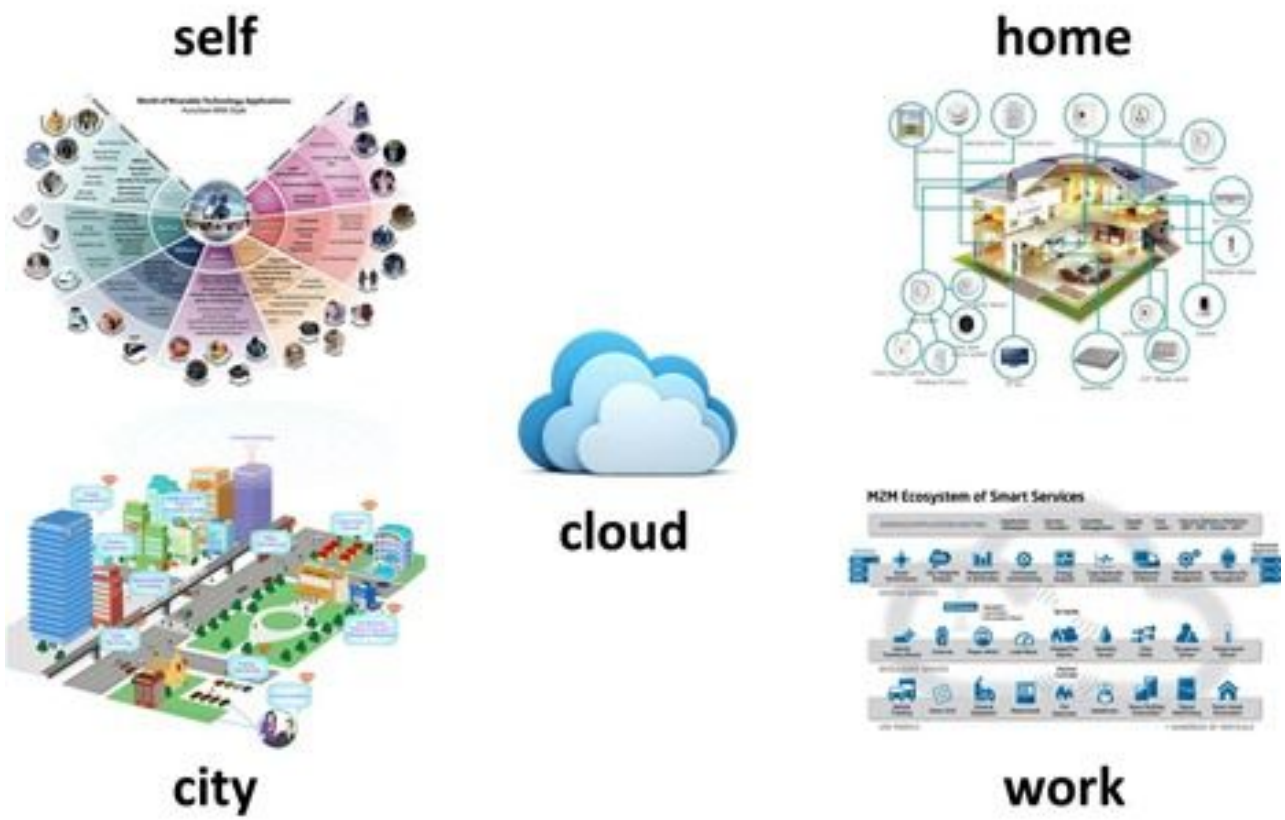
Architectures classiques

Self : utilisation personnelle que l'on porte sur soi

Home : utilisation dans la domotique

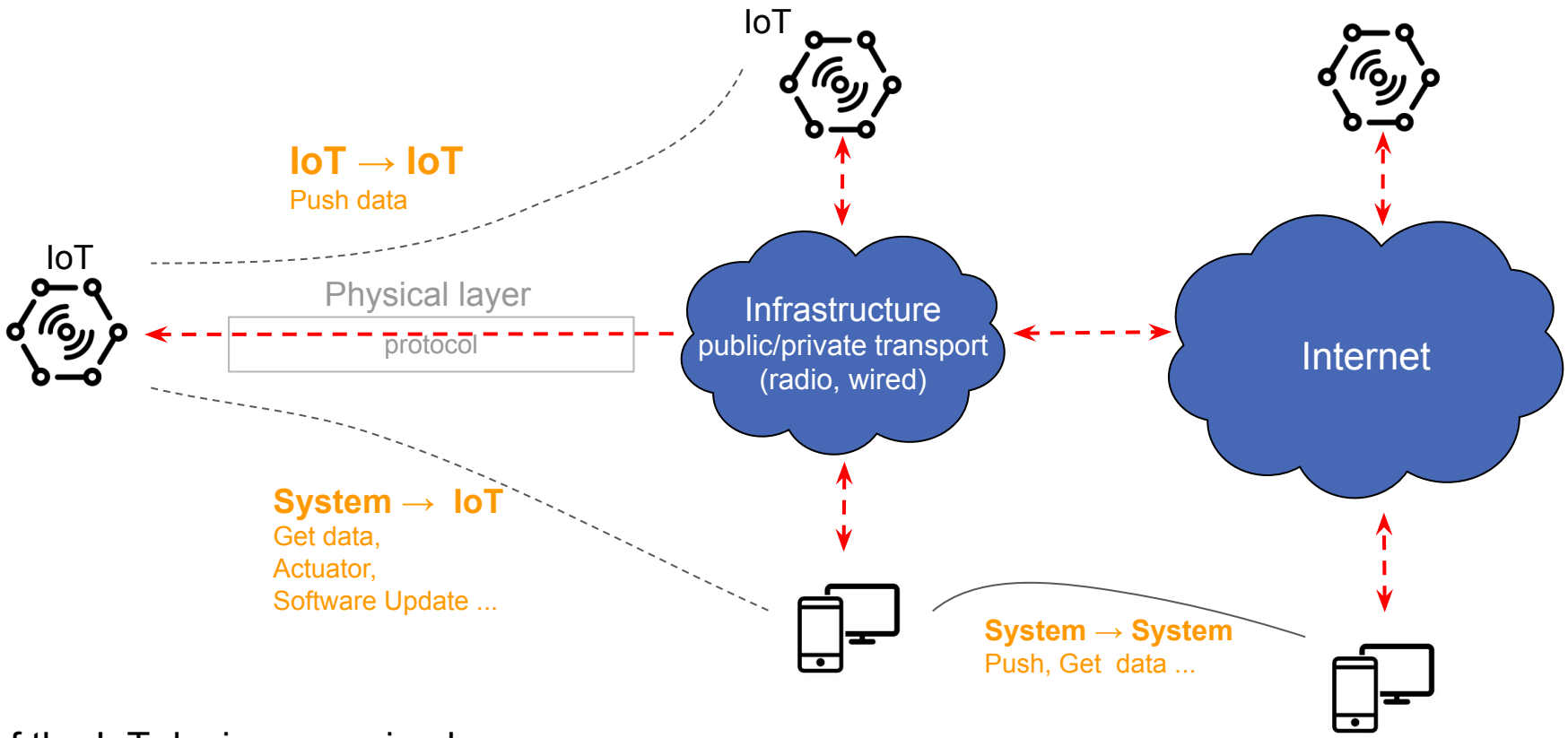
City : ville intélligente

Work : système industriel



System Architecture

Network flows



Most of the IoT devices are simple sensor:

- Payload between 10 to 50 bytes, a few times per day
- Traffic is therefore largely dominated by the uplink

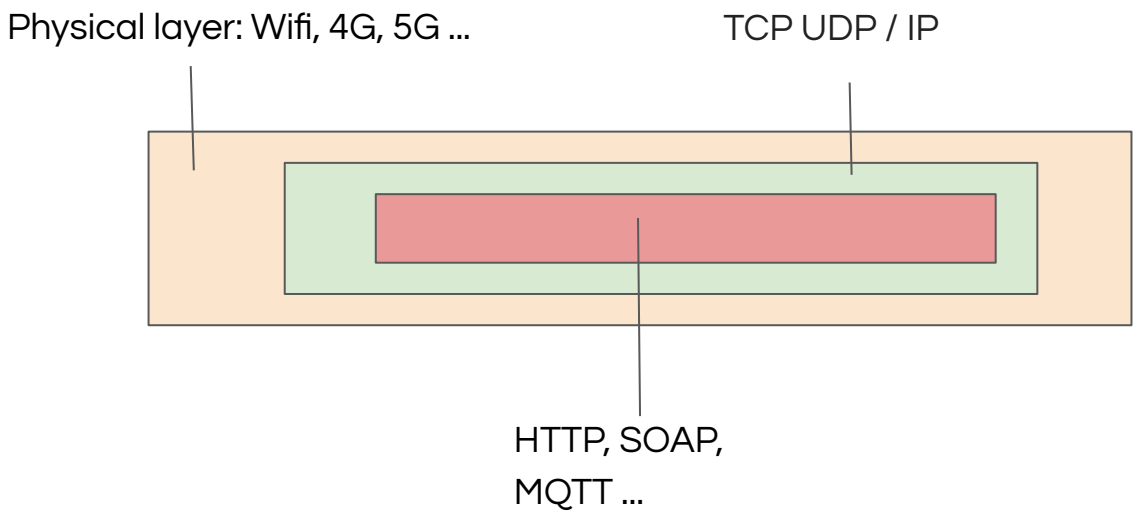
http://www.societe-informatique-de-france.fr/wp-content/uploads/2015/12/IOT-Pr%C3%A9sentation-Orange.pdf

System Architecture

Data Protocols for IoT - 1/2

There are several scenarios for payload transport:

- Use of TCP UDP (layer 4) and IP (layer 3) + application level (layer 7): HTTP, SOAP, MQTT, BACnet, Modbus …



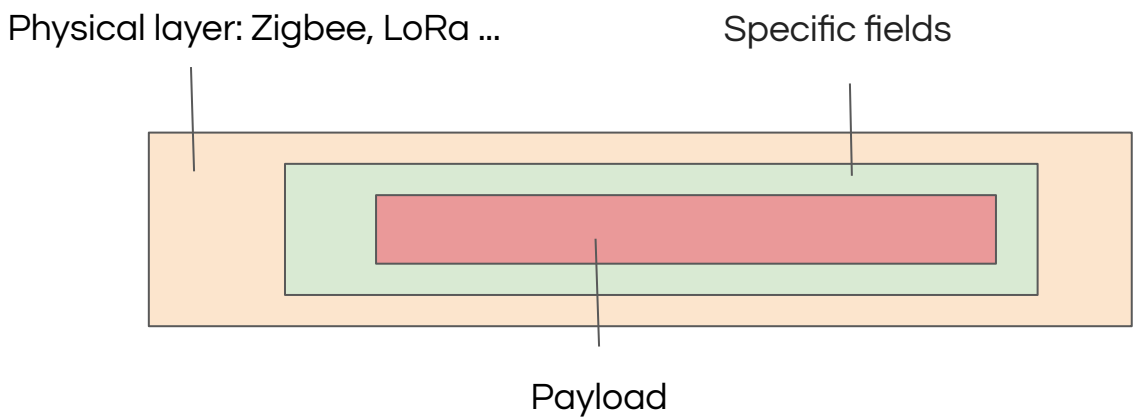
System Architecture

Data Protocols for IoT - 2/2

There are several scenarios for payload transport:

- The technology provides an end-to-end transport protocol:
  - ZigBee, LoRa, Sigfox, Bluetooth, NFC …

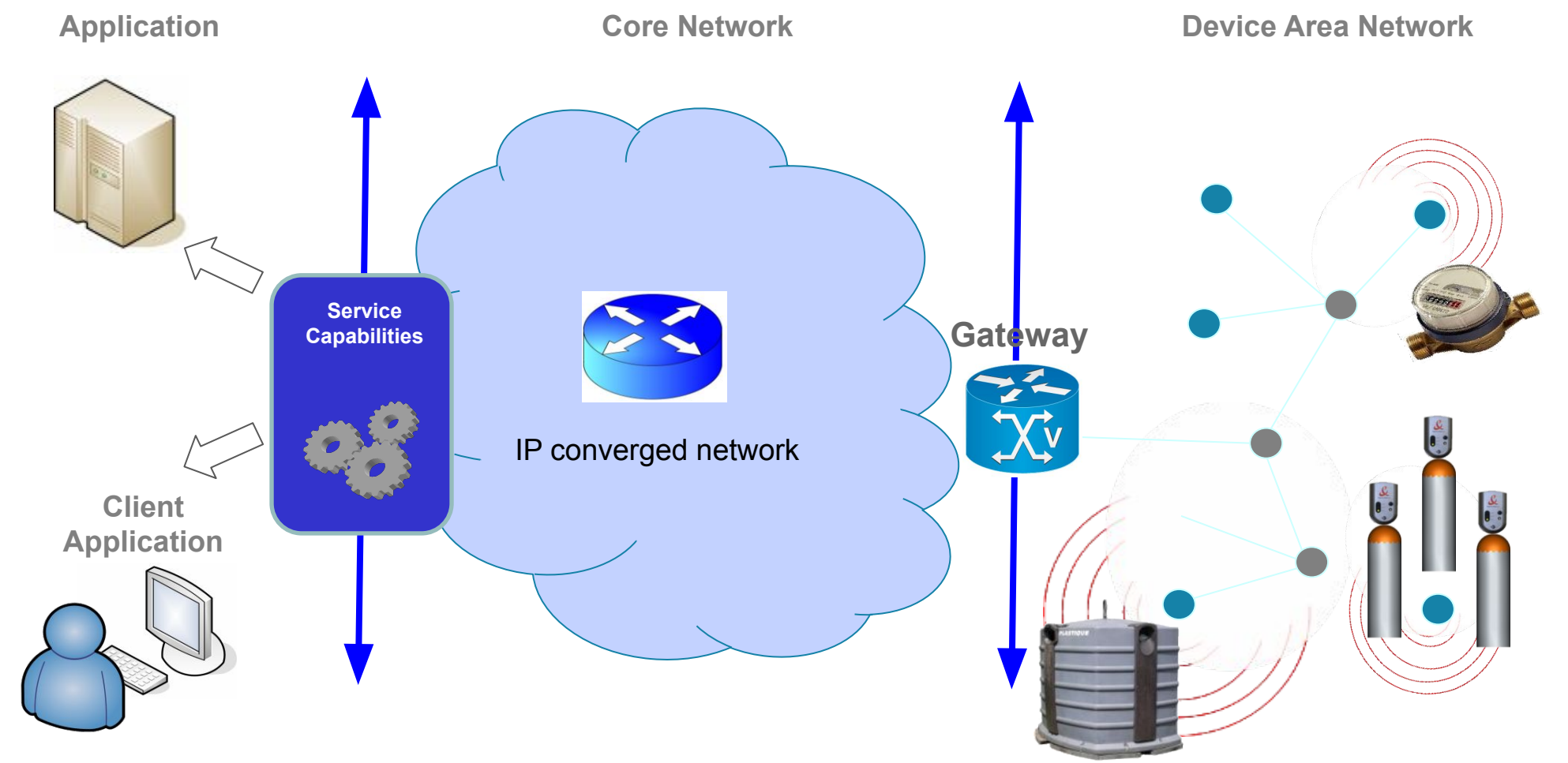
- M2M / IP gateway is mandatory



System Architecture

Common Architecture

http://www.etsi.org/

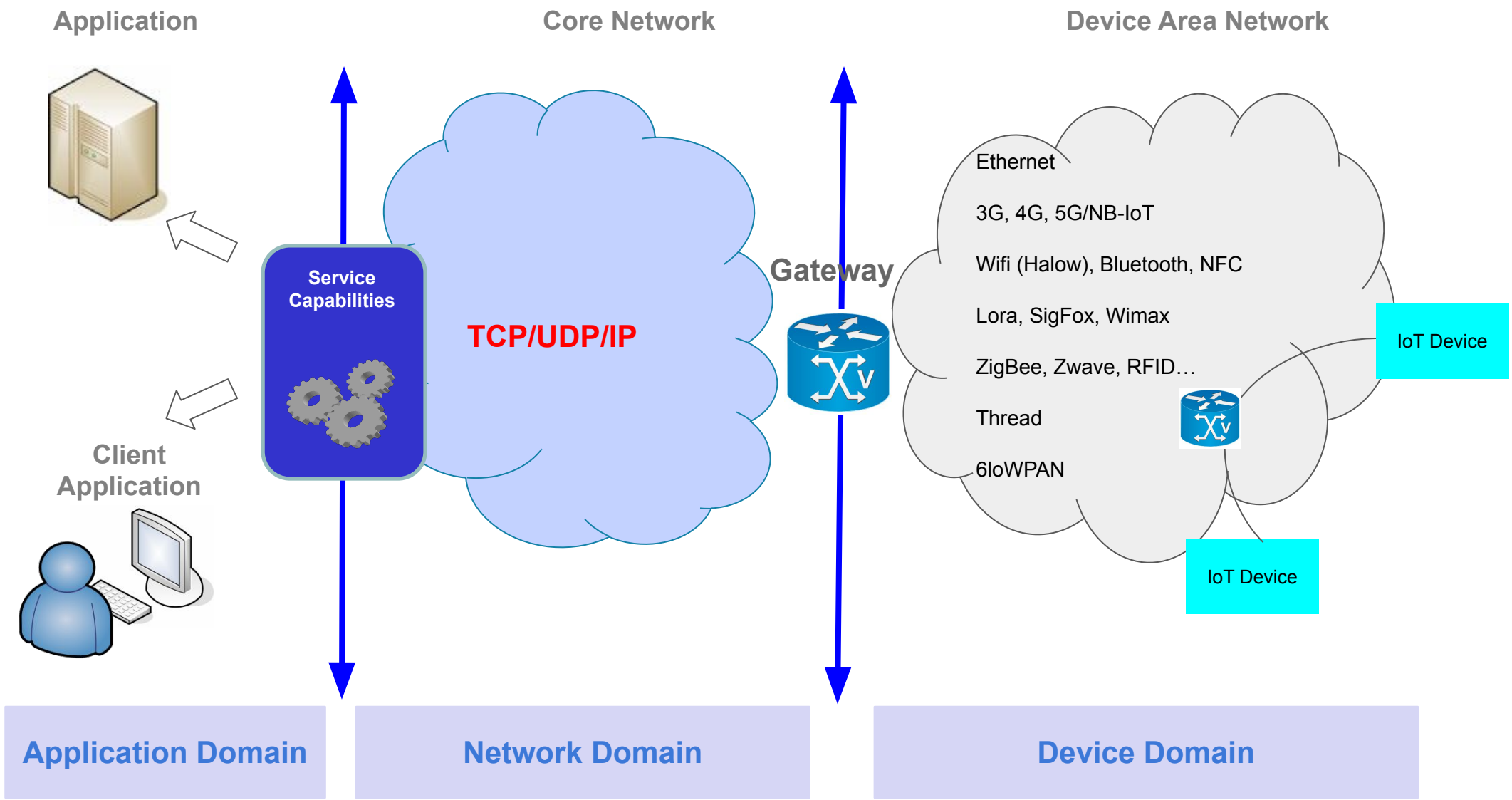


Application Domain	Network Domain	Device Domain

System Architecture

Transport protocols: Home, City

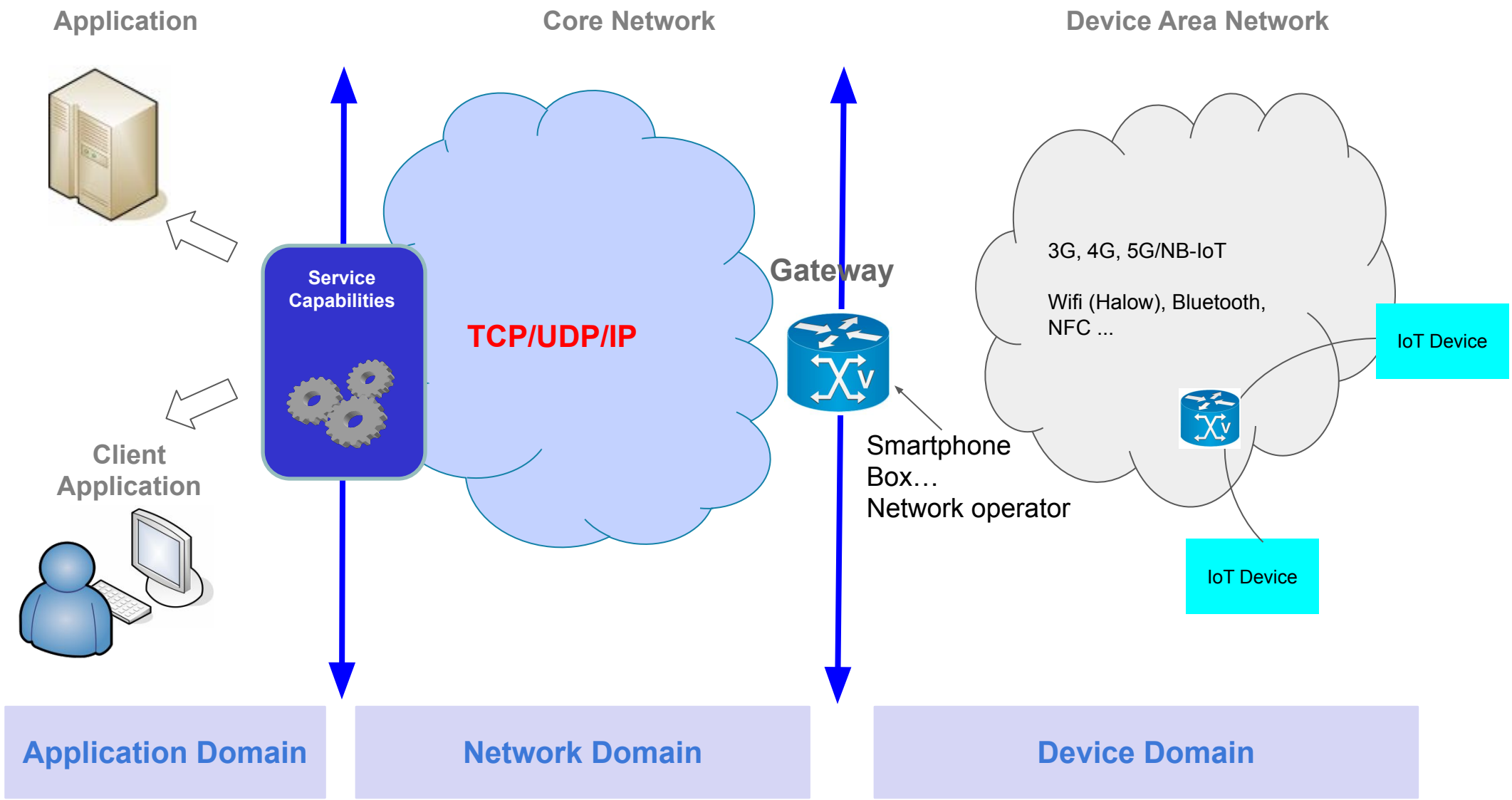
http://www.etsi.org/



System Architecture

Transport protocols: Self

http://www.etsi.org/



http://www.etsi.org/

Structure commune: Passerelle (Gateway)

- Une passerelle gère le trafic entre les réseaux qui utilisent des protocoles différents.
- Une passerelle est responsable de la traduction du protocole et d'autres tâches d'interopérabilité.
- Un périphérique de passerelle IoT est utilisé car certains périphériques ne contiennent pas la pile réseau requise pour la connectivité Internet, un périphérique de passerelle agit comme un proxy, recevant les données des périphériques et les conditionnant pour la transmission sur TCP/IP.

http://www.etsi.org/

Structure commune: Domaine application

- Application utilisateur final,
- Application de catalogue prête à l'emploi, juste quelques-unes pour la personnalisation,
- L'application utilise toute la capacité du système : du capteur au big data :
  - La prise de décision,
  - Analyse,
  - Interaction avec le milieu naturel...

http://www.etsi.org/

Structure commune

Domaine réseau

- Indépendant des technologies de transport,
- Toute la technologie de convergence IP,
- Utilisation du système de passerelle ou accès direct aux plateformes M2M

Domaine capteurs

- Système de capteurs et d'actionneurs,
- Système de communication,
- Effectue une tâche demandée.

Architectures classiques

https://aws.amazon.com/marketplace/solutions/IoT

Famille de Use Case

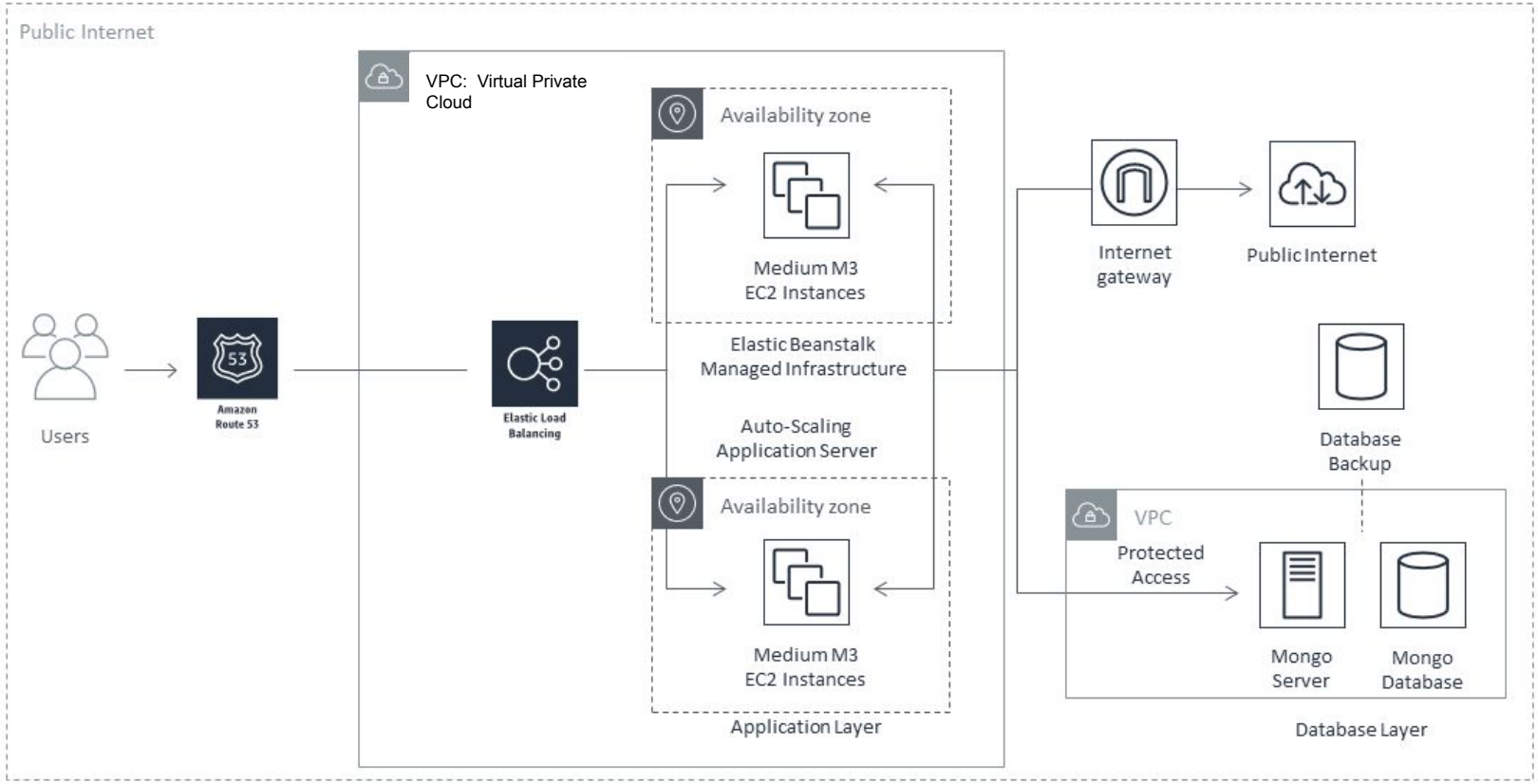
- Les Use case structurent l'architecture
- Les Use case sont définis en sous famille,
- Les architectures sont différentes car les spécifications sont différentes:
  - Délais de bout en bout,
  - Prise de décision temps réel,
  - Gestion des événements,
  - Stockage,
  - Sécurité,
  - Sûreté de fonctionnement,
  - Coût …

Architectures classiques

https://aws.amazon.com/marketplace/solutions/IoT
https://aws.amazon.com/marketplace/solutions/IoT/data-visualization

Famille de Use Case (AWS): Exemple de sous-famille

- Smart home and city : Visualisation de données à partir de plusieurs sources de données

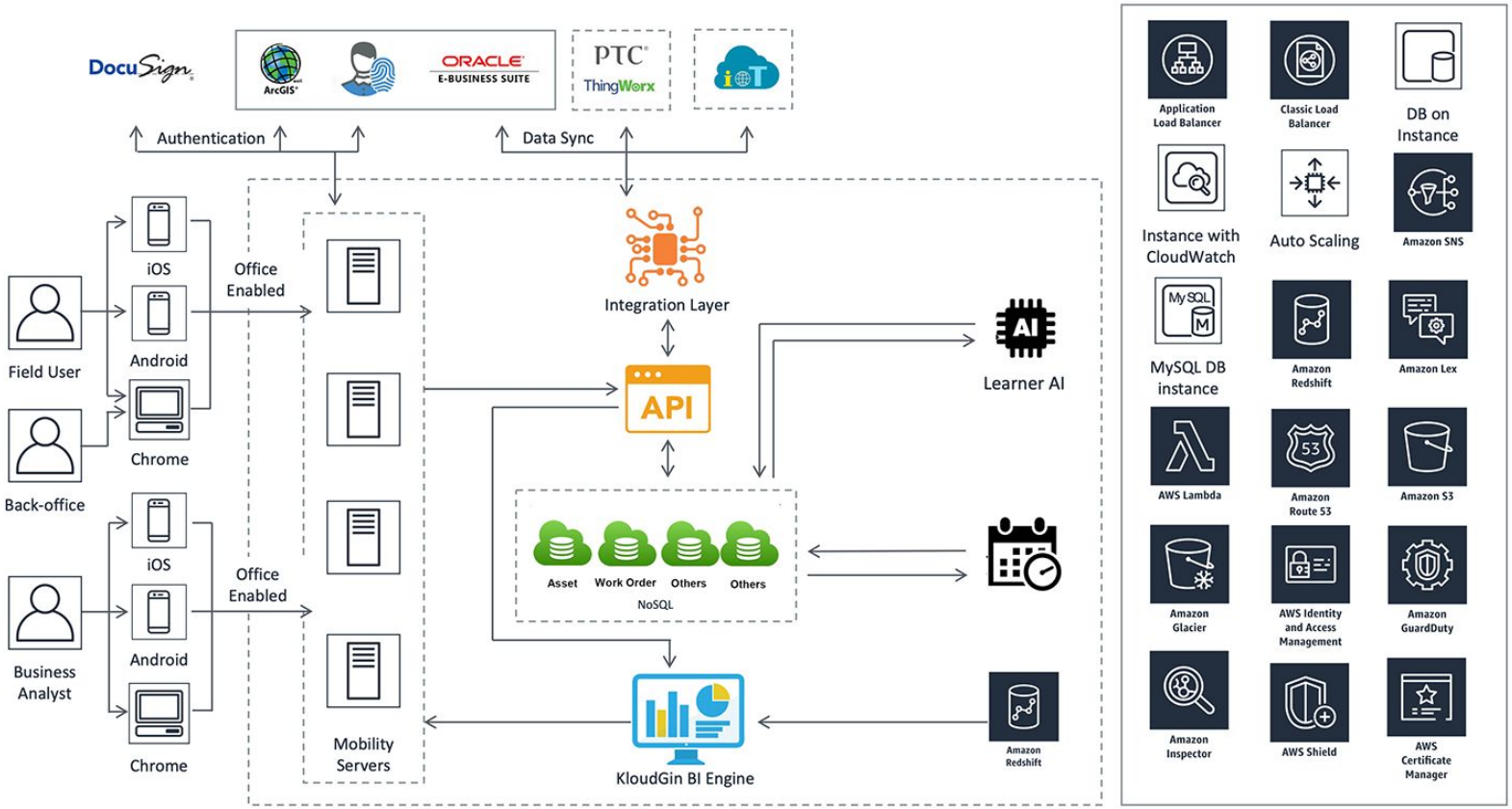


Architectures classiques

https://aws.amazon.com/marketplace/solutions/IoT
https://aws.amazon.com/marketplace/solutions/IoT/monitoring-response-automation

Famille de Use Case (AWS): Exemple de sous-famille

- Smart home and city : Automatisation de la surveillance et de la réponse

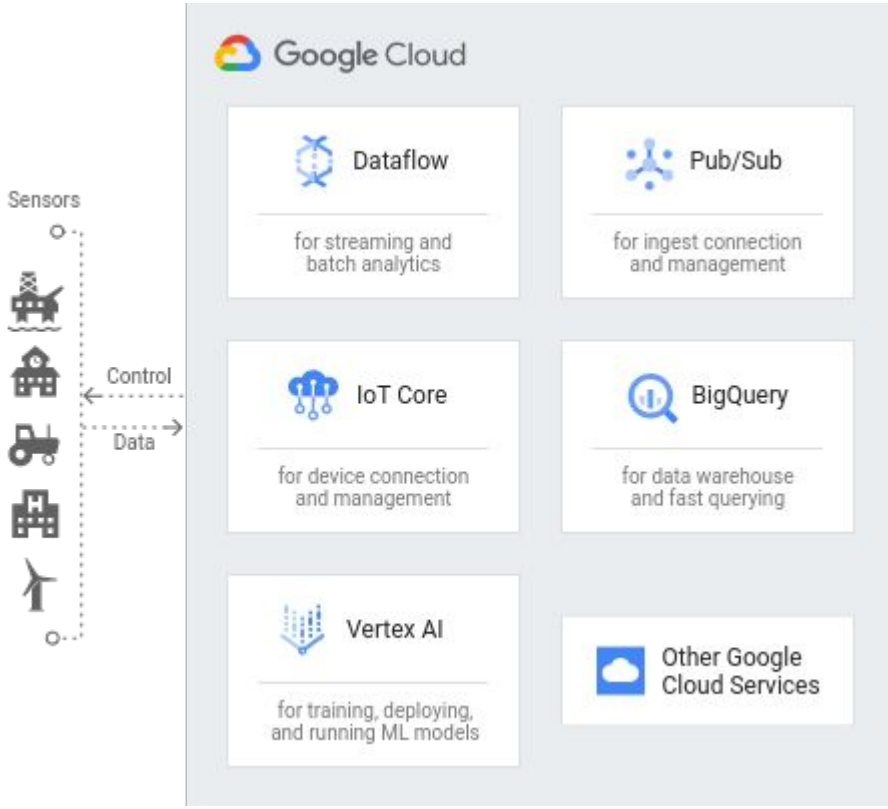


Architectures classiques

https://cloud.google.com/solutions/iot

Famille de Use Case (Google): Exemple de sous-famille

- Processus industriel : Automatisation d'un process



Architectures des systèmes

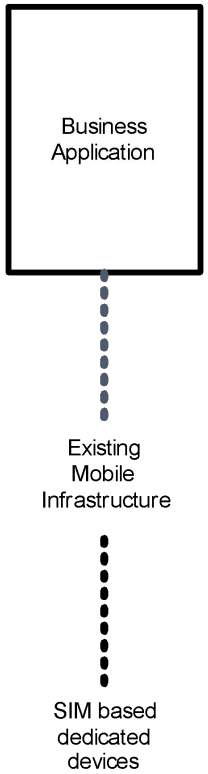
Agenda

- Architecture globale du cyber-système,
- Notion d'architecture système,
- Architectures classiques : self, home, city, work, commune,
- **Les architecture verticales et les évolutions,**
- Les architectures Cloud, Edge, Fog,
- Les services cloud comme solution industrielle : LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,
- Les composants d'une plateforme open source,
- Architecture et réseau des bus de terrain
- Architecture et réseau des architecture Home, City
- Architecture et réseau des architecture Self

Architectures verticales

https://www.simfony.com/iot-platforms-vertically-versus-horizontally-layered-architecture/
https://sensative.com/yggio/horizontal-model/

Architecture of vertical applications…



example → Une montre connectée

En principe:

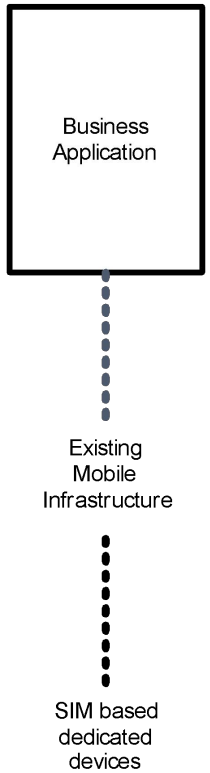
- La montre ne pilotera pas mon portail,
- La montre ne pourra pas ouvrir une porte,
- La montre utilisera que le logiciel du fabricant …

C'est très contraignant pour les utilisateurs !

Architectures verticales

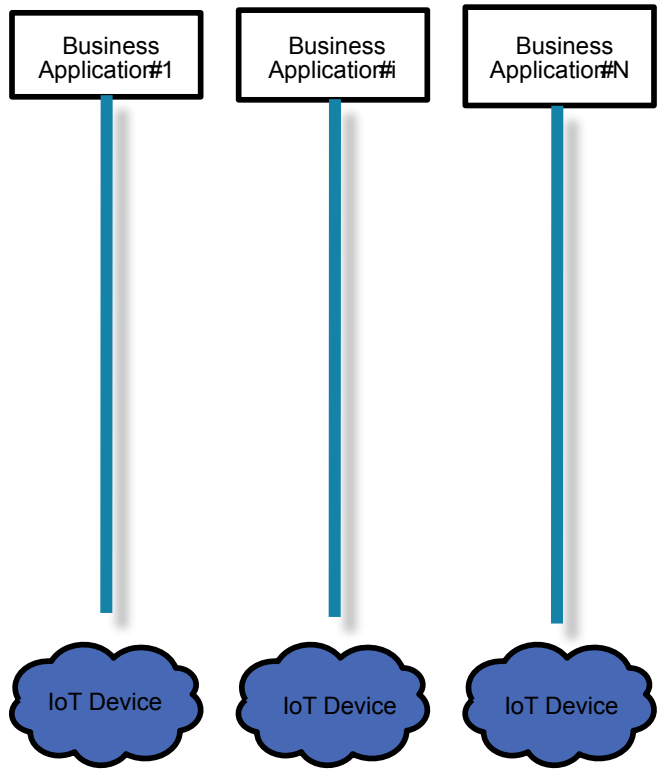
Architecture of vertical applications…

Vertical applications…



example

Les applications ne partagent pas de points communs dans l'infrastructure, environnements et éléments de réseau

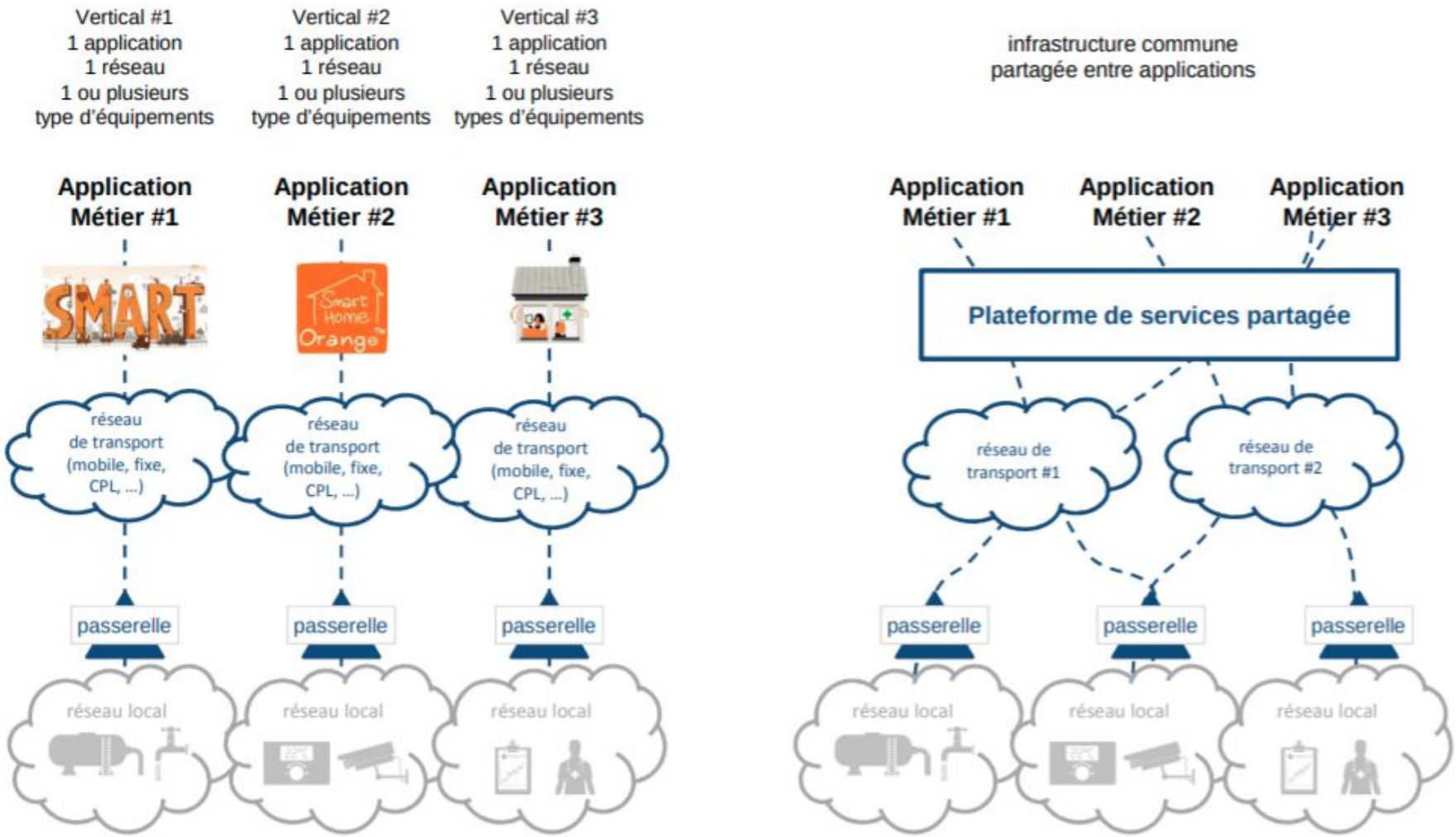


With permission of HP

Architectures verticales

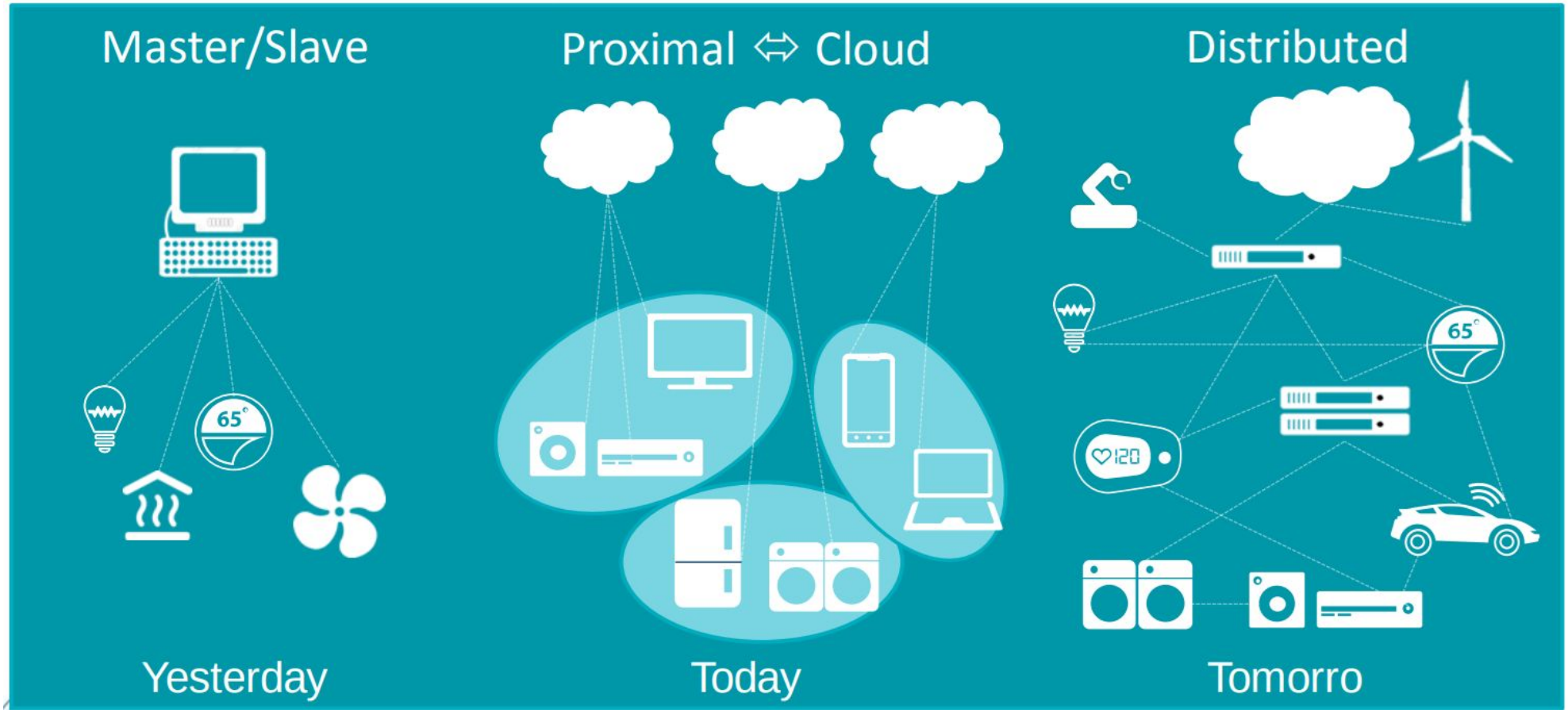
www.etsi.org

Architecture of vertical applications…



www.etsi.org

Tendance et évolution de l'IoT



www.etsi.org

Tendance et évolution de l'IoT

- Evolution vers des systèmes interopérables,
  - Tous les systèmes se connaissent et peuvent communiquer,
  - Un système peut utiliser les capacités / information d'un autre,
- Utilisation massive des infrastructures,
- Pilotage intelligent avec une changement de paradigme M2M (Machine 2 Machine).

www.etsi.org

Tendance et évolution de l'IoT

- Embarquer de l'IA à moindre coût dans tous les systèmes …
- Développer le B2B (Business 2 Business),
- Utilisation du NB-IOT → IoT ubiquitaire,
- Opérateur de L'IoT → IoT Satellite as a Service:
  - Prise de photo,
  - Géolocalosation,
  - Communication …

Architectures des systèmes

Agenda

- Architecture globale du cyber-système,
- Notion d'architecture système,
- Architectures classiques : self, home, city, work, commune,
- Les architecture verticales et les évolutions,
- **Les architectures Cloud, Edge, Fog,**
- Les services cloud comme solution industrielle : LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,
- Les composants d'une plateforme open source,
- Architecture et réseau des bus de terrain
- Architecture et réseau des architecture Home, City
- Architecture et réseau des architecture Self

https://www.vmware.com/

Architecture cloud (l'informatique dans les nuages)

Pourquoi opter pour une architecture Cloud ?

- Coût → mesure du ROI (Return on Investment)
- Fiabilité
- Sécurité
- Performance
- Support / aide technique
- Passage à l'échelle
- Accélérer la fourniture de ressource
- Garantir la conformité avec les réglementations
- Concentration sur le métier de l'entreprise …

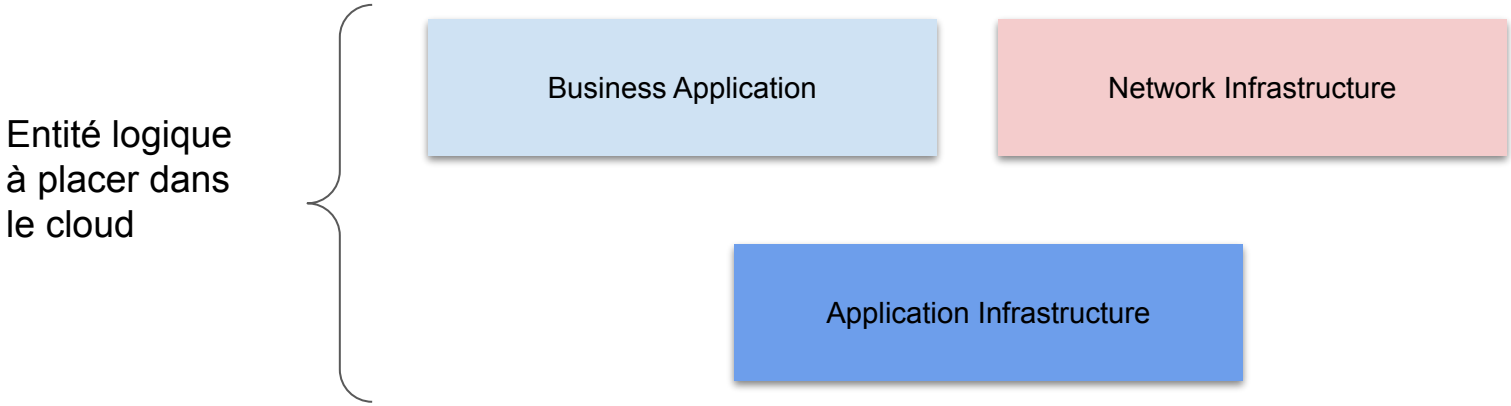
https://www.itu.int/en/publications/Pages/default.aspx

L'architectures d'une plateforme / Normalisation ITU

- Y.4552/Y.2078 (Application support models of the IoT)
- Y.4111/Y.2076 (Semantics-based requirements and framework of the IoT)
- Y.4113 (Requirements of the network for the IoT)
- Y.4453 (Adaptive software framework for IoT devices)
- Y.4101/Y.2067 (Common requirements and capabilities of a gateway for IoT applications)
- Y.4112/Y.2077 (Requirements of the plug and play (PnP)
- Y.4401/Y.2068 (Functional framework and capabilities of the IoT)
- Y.4806 (Security capabilities supporting safety of the IoT)

https://www.vmware.com/

Entité dans le cloud



Le cloud va fournir des services et infrastructure pour répondre à chaque couche logique :

- Logiciel: OS, middleware, gestion
- Matériel: serveur, disques
- Service: support, debug

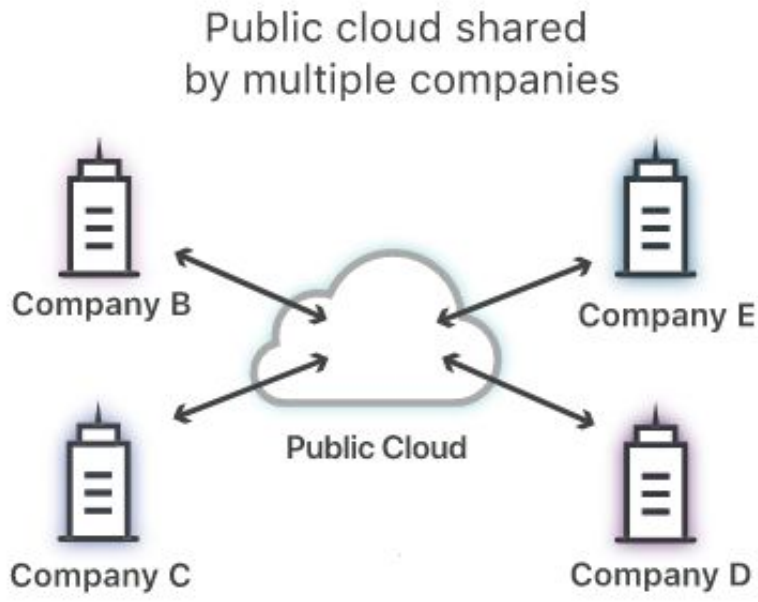
https://www.vmware.com/

Composants

- L'architecture Cloud est la manière dont les composants technologiques se combinent pour créer un Cloud (nuage virtuel),
- Les ressources sont regroupées via la technologie de virtualisation (ou pas) et partagées sur un réseau,
- Les composants d'une architecture Cloud sont les suivants:
  - Une plate-forme frontale (le client ou le terminal utilisé pour accéder au Cloud)
  - Une plate-forme back-end (serveurs et stockage)
  - Un réseau
  - Des logiciels de paramétrage et de gestion

Architectures cloud

https://www.vmware.com/



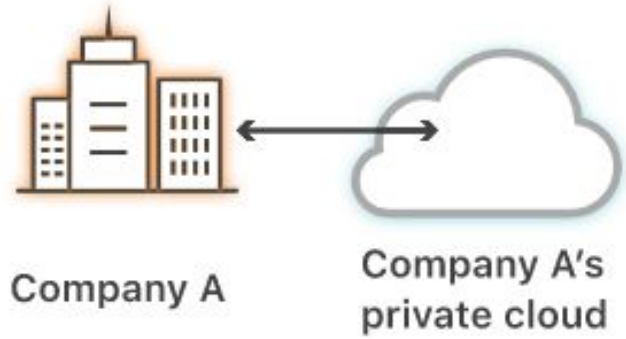
Types d'architectures Cloud

- Architectures Cloud public :
  - Les ressources informatiques sont détenues et exploitées par un fournisseur de services,
  - Ces ressources sont partagées et redistribuées entre plusieurs locataires,
  - Les coûts d'exploitation réduits, une scalabilité simplifiée et une maintenance réduite.

https://www.vmware.com/

Private cloud

Types d'architectures Cloud



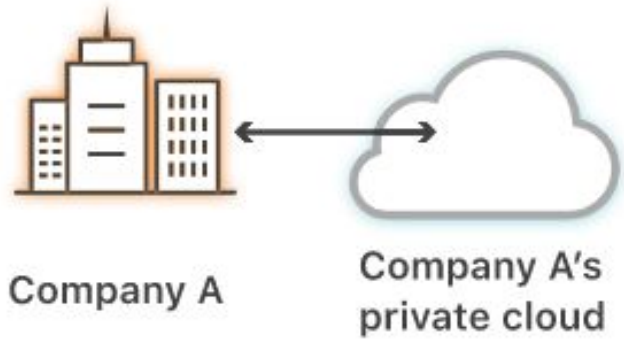
- Architecture Cloud privé (VPS Virtual Private Cloud)
  - Cloud détenu et géré en privé, généralement dans le propre Data Center de la société,
  - Le Cloud privé peut être géographiquement dispersé,
  - Généralement plus coûteuse que les solutions de Cloud public,
  - Davantage personnalisable et peut offrir des options strictes de sécurité et de conformité des données.

https://www.vmware.com/

Types d'architectures Cloud

Hosted Private Cloud

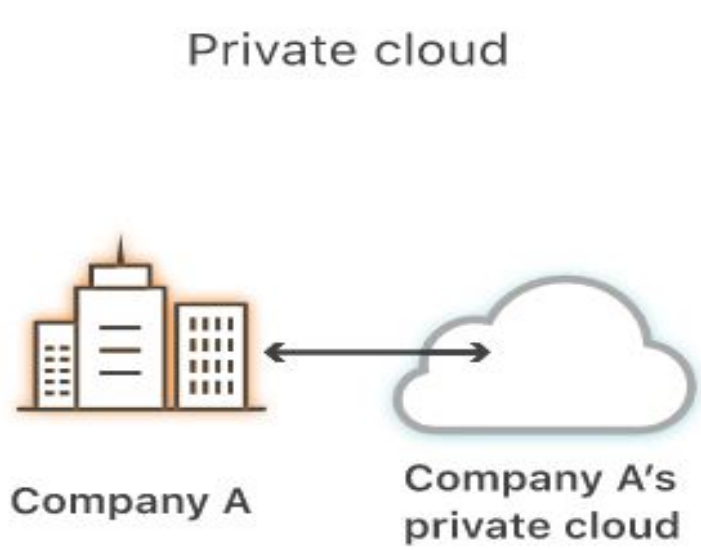
- Architecture "Hosted Private Cloud"
  - Cloud détenu par le fournisseur mais hébergé sur site ou dans le cloud,
  - Les ressources ne sont pas partagées,
  - Le fournisseur doit maintenir les systèmes.

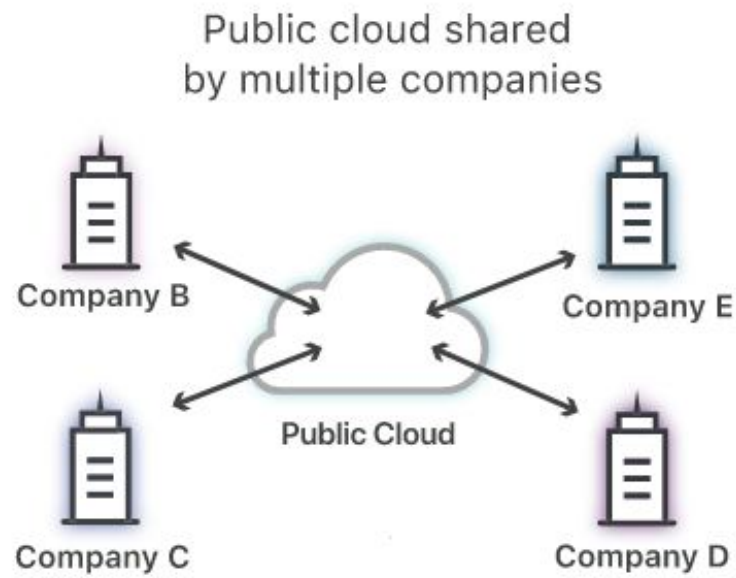


https://www.vmware.com/

Types d'architectures Cloud

- Architecture Cloud hybride :
  - Cloud public + Cloud privé,
  - Nécessite une base solide pour garantir une infrastructure et des opérations cohérentes.





https://connect.factorysystemes.fr/

Architecture CLOUD FOG EDGE

L'architecture cloud est un point de concentration distant qui ne permet pas tout:

- Vitesse d'accès, QoS,
- Temps de traitement,
- Remontée massive des informations,
- Stockage parfois inutile …
- 2022: 40 zettaoctets de données dans le monde cette année. Et d'ici 2025, il est prévu que la sphère de données mondiale atteindra 175 ZB, dont 90 ZB au total proviendront d'appareils périphériques.

La charge est exponentielle, surtout avec l'avènement de l'IIoT. Ce qui induit à une une réorganisation vers une infrastructure plus appropriée.

https://connect.factorysystemes.fr/

Architecture CLOUD FOG EDGE

- Une architecture centralisée (Cloud ou serveurs locaux),
- Exploiter au maximum les capacités de calcul des machines virtuelles ou physiques distantes,
- La latence peut impacter fortement les moyens de production,
- Cette couche se concentre essentiellement sur le Big Data, le Data analysis et le machine learning, application Web …

Architectures cloud

https://connect.factorysystemes.fr/
https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.500-325.pdf

Architecture CLOUD FOG EDGE

- FOG : l'informatique dans le brouillard,
- Une extension du Cloud Computing,
- Physiquement situés sur le réseau d'entreprise et relais entre les équipements couche basse IoT et la couche haute IT (Information Technology),
- Un traitement local des applications de production en temps réel,
- Le Fog computing est principalement assimilé à des passerelles de communications industrielles de terrain vers des protocoles IoT.

https://connect.factorysystemes.fr/
https://shop.factorysystemes.fr/product-tag/edge-computing/

Architecture CLOUD FOG EDGE

- Le Edge computing est directement lié aux moyens de production et autres capteurs,
- Le Edge computing réalise localement le traitement applicatif et les calculs,
- Prise de décision en temps réel où aucun temps de latence n'est acceptable,
- L'analyse complète des données peut être réalisée dans le Cloud computing.

https://connect.factorysystemes.fr/
https://shop.factorysystemes.fr/product-tag/edge-computing/
https://www.omg.org/cloud/deliverables/CSCC-Cloud-Customer-Architecture-for-IoT.pdf

Architecture CLOUD FOG EDGE

“on-premises data center” (serveurs de données sur site)

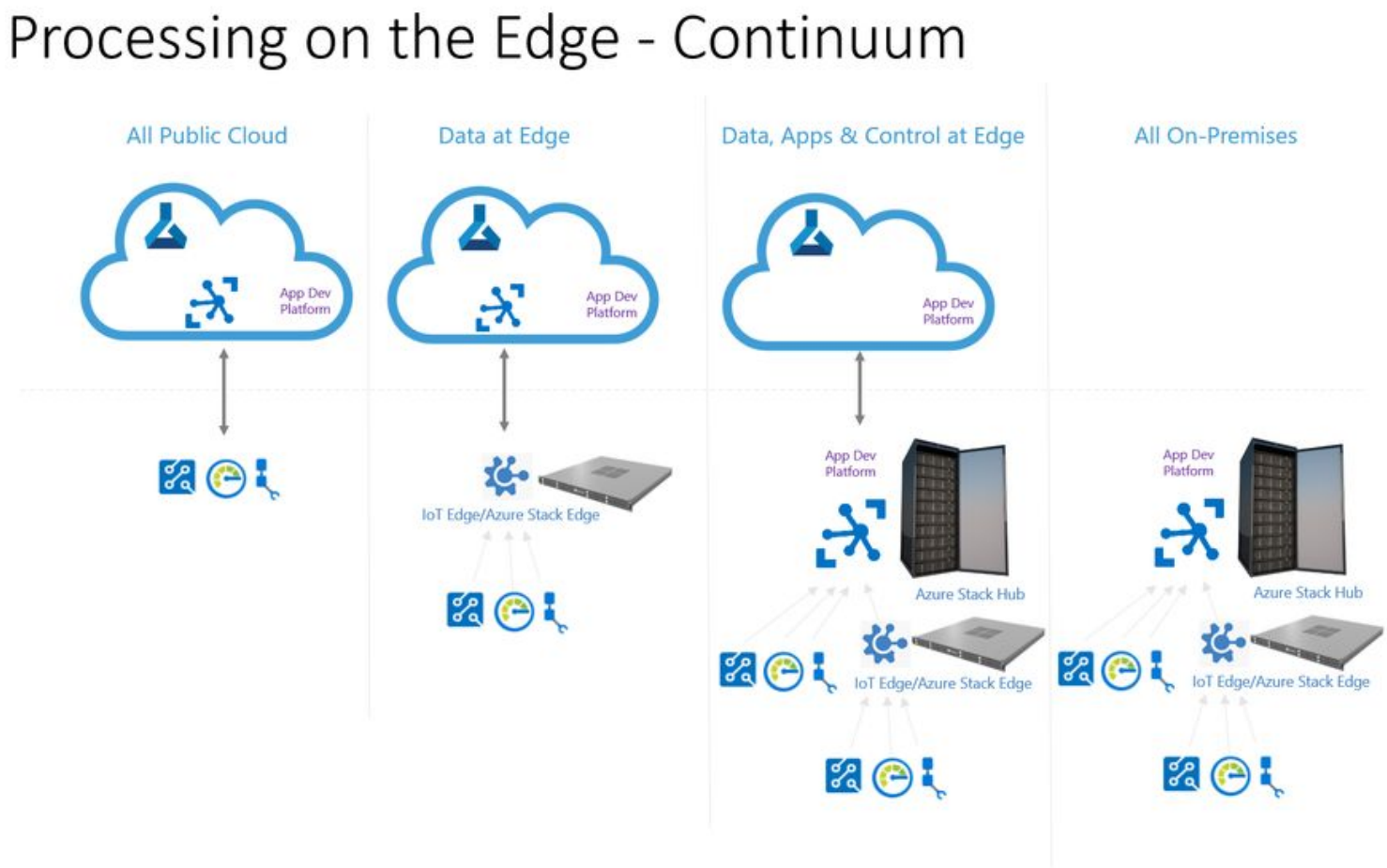
- Modèle hybride local / cloud, ou tout local,
- “All On-Premise”: tout en local,
- Stockage partiel / total des données sur site,
- Traitement puis transfert partiel sur le cloud,
- Utilisation pour des processus rapides de pilotage des unités de production.

Architectures cloud

https://connect.factorysystemes.fr/
https://shop.factorysystemes.fr/product-tag/edge-computing/
https://www.omg.org/cloud/deliverables/CSCC-Cloud-Customer-Architecture-for-IoT.pdf

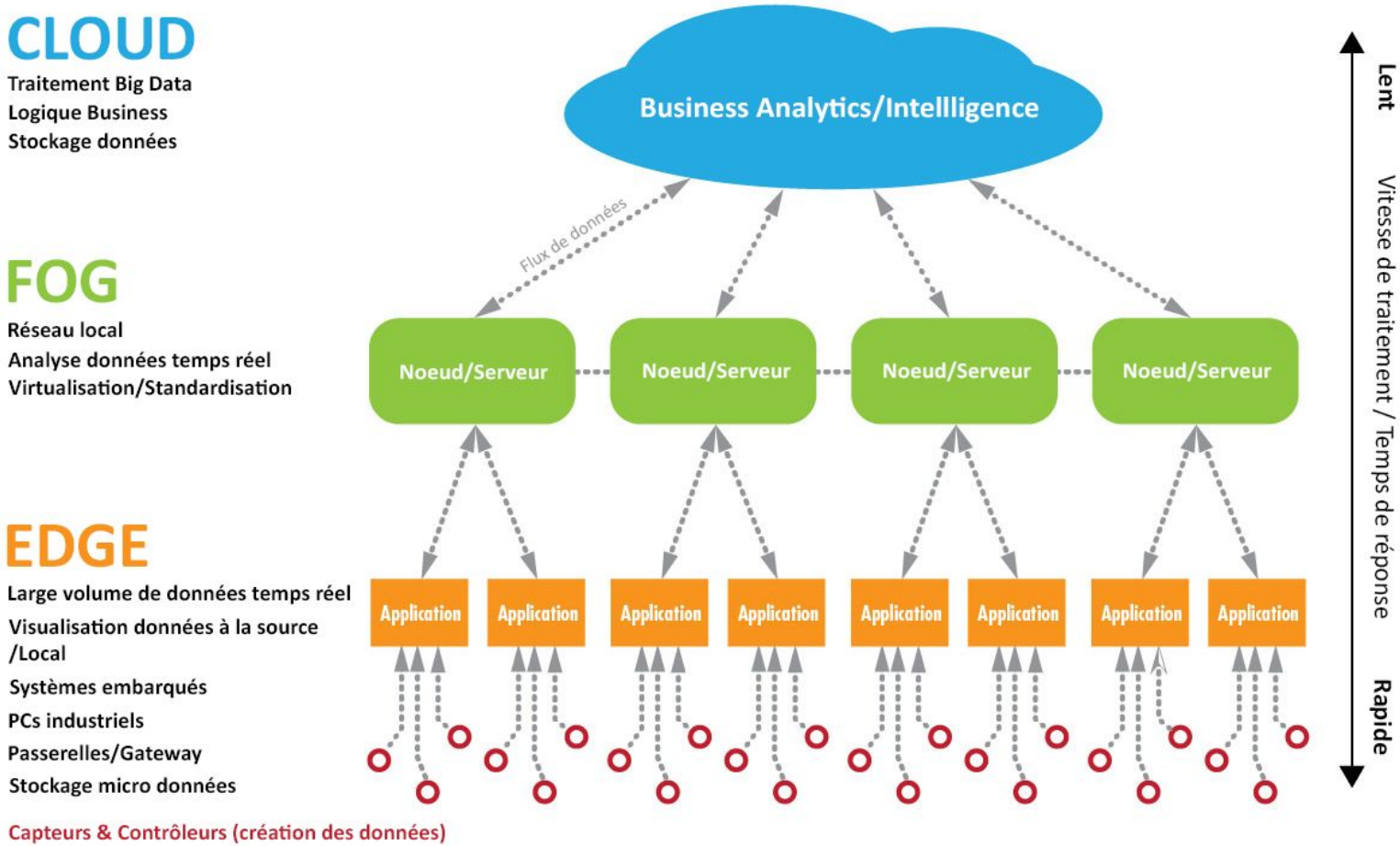
Architecture CLOUD FOG EDGE

on-premises data center (serveurs de données sur site) / Exemple



https://connect.factorysystemes.fr/

Architecture CLOUD FOG EDGE / Traitement des données



Architectures des systèmes

Agenda

- Architecture globale du cyber-système,
- Notion d'architecture système,
- Architectures classiques : self, home, city, work, commune,
- Les architecture verticales et les évolutions,
- Les architectures Cloud, Edge, Fog,
- **Les services cloud comme solution industrielle : LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,**
- Les composants d'une plateforme open source,
- Architecture et réseau des bus de terrain
- Architecture et réseau des architecture Home, City
- Architecture et réseau des architecture Self

Les services cloud

https://www.redhat.com/

Business Application

Network Infrastructure

Application Infrastructure

Service cloud

Trois principaux modèles de service pour répondre aux entités logiques:

- **SaaS** : Software as a Service
- **PaaS** : Plate-forme sous forme de service
- **IaaS** : Infrastructure sous forme de service

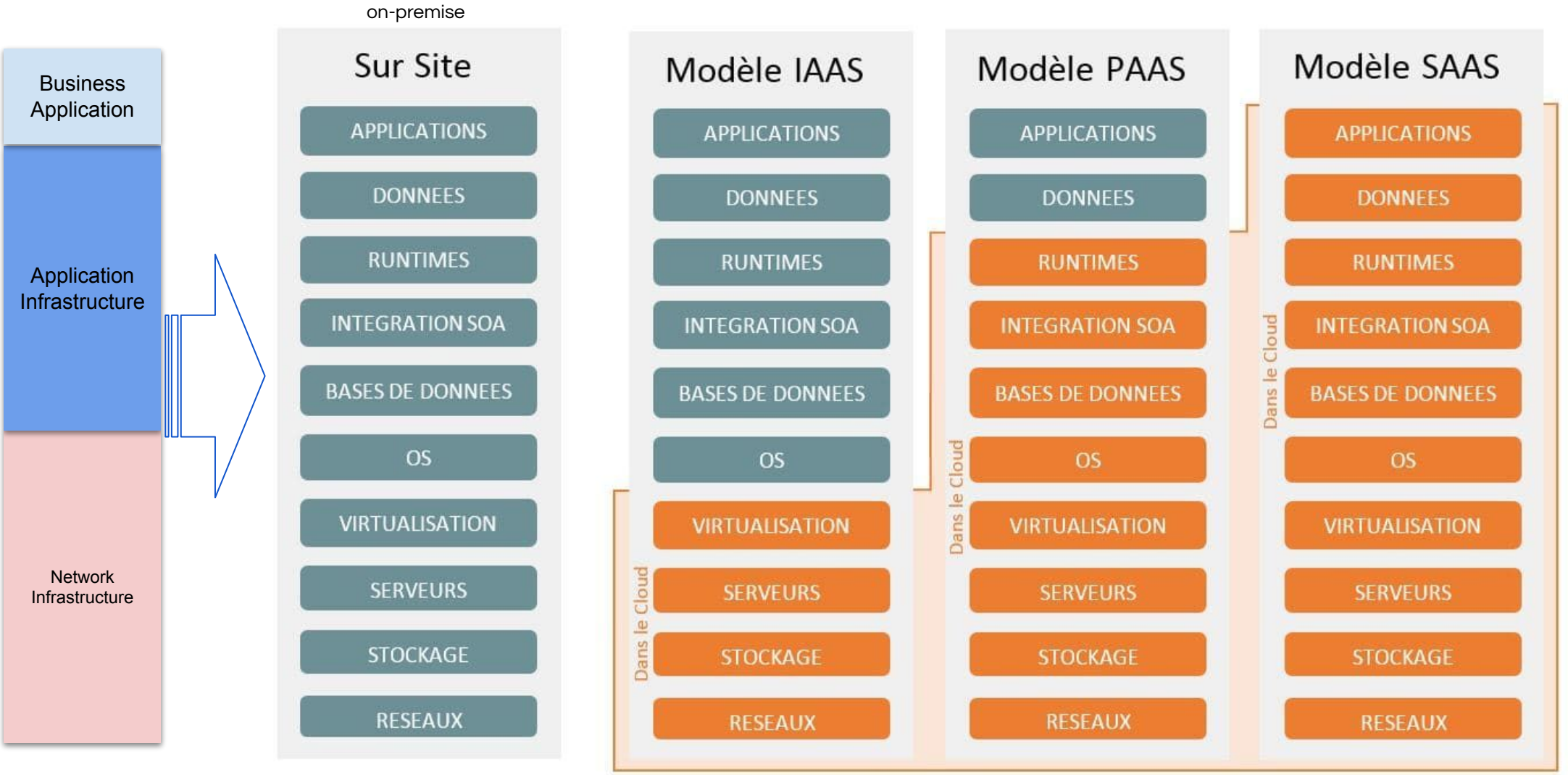
Autres services:

- **Caas** : Containers-as-a-Service, applications conteneurisées
- **DaaS** : Data As A Service, un dépôt de données
- **BaaS** : Backend As A Service: outils pour le développement logiciel

Les services cloud

https://www.vmware.com/

Type de service cloud



Les services cloud

https://www.vmware.com/

Infrastructure as a service (IaaS) :

- Le fournisseur de services fournit un système de virtualisation sans aucun autre service,
- Les utilisateurs gèrent leurs, OS, logiciels et applications, et ne paient que pour la capacité dont ils ont besoin à un moment donné.

Les services cloud

https://www.vmware.com/

Plate-forme as a service (PaaS) :

- Plate-forme informatique et une pile de solutions sous forme de service permettant à une entreprise de créer une application ou un service,
- Le fournisseur de services fournit les réseaux, les serveurs et le stockage, les OS requis pour héberger une application,
- L'utilisateur final supervise les paramètres de déploiement et de configuration du logiciel.

Les services cloud

https://www.vmware.com/

Software as a Service (SaaS) : la plateforme de service gère presque tout: les applications, les logiciels, les OS (Operating System).

Les services cloud

https://www.vmware.com/

Infrastructure Caas (Containers-as-a-Service) :

- CaaS est considéré comme une sorte de sous-ensemble de l'Infrastructure-as-a-Service (IaaS),
- Un service cloud qui permet de gérer et de déployer des applications à l'aide d'une abstraction basée sur des conteneurs,
- CaaS est particulièrement utile aux développeurs pour créer des applications conteneurisées plus sécurisées et également évolutives,
- **Portabilité** : les applications développées dans des conteneurs sont autonomes
- **Évolutivité** : les conteneurs ont la capacité de s'adapter horizontalement, ce qui signifie qu'un utilisateur peut multiplier des conteneurs identiques
- **Efficacité** : les conteneurs nécessitent moins de ressources que les machines virtuelles (VM) car ils n'ont pas besoin d'un système d'exploitation distinct.
- **Orchestration de conteneurs**: automatiser le développement, la gestion et la mise à l'échelle des applications en regroupant les conteneurs exécutés

Les services cloud

https://www.vmware.com/

Infrastructure Desktop as a Service (DaaS):

- Offre de cloud computing où un fournisseur de services fournit des bureaux virtuels aux utilisateurs finaux sur Internet,,
- Environnement de travail complet dans le cloud,
- Les utilisateurs peuvent se connecter à leur bureau virtuel depuis n'importe où.

Les services cloud

https://www.vmware.com/

Infrastructure BaaS (Backend As A Service) :

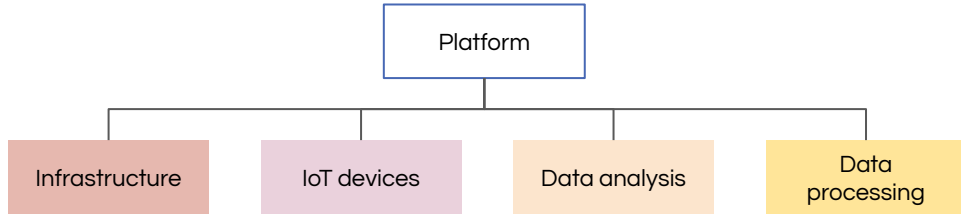
- Service cloud dans lequel les développeurs externalisent tous les aspects de l'arrière-plan d'une application web ou mobile,
- Les fournisseurs de BaaS fournissent des logiciels pré-écrits pour ces activités
  - authentification des utilisateurs,
  - la gestion des bases de données,
  - la mise à jour à distance …
- Mobile-Backend-as-a-Service (MBaaS) est un BaaS destiné spécifiquement à la création d'applications mobiles.

Architectures des systèmes

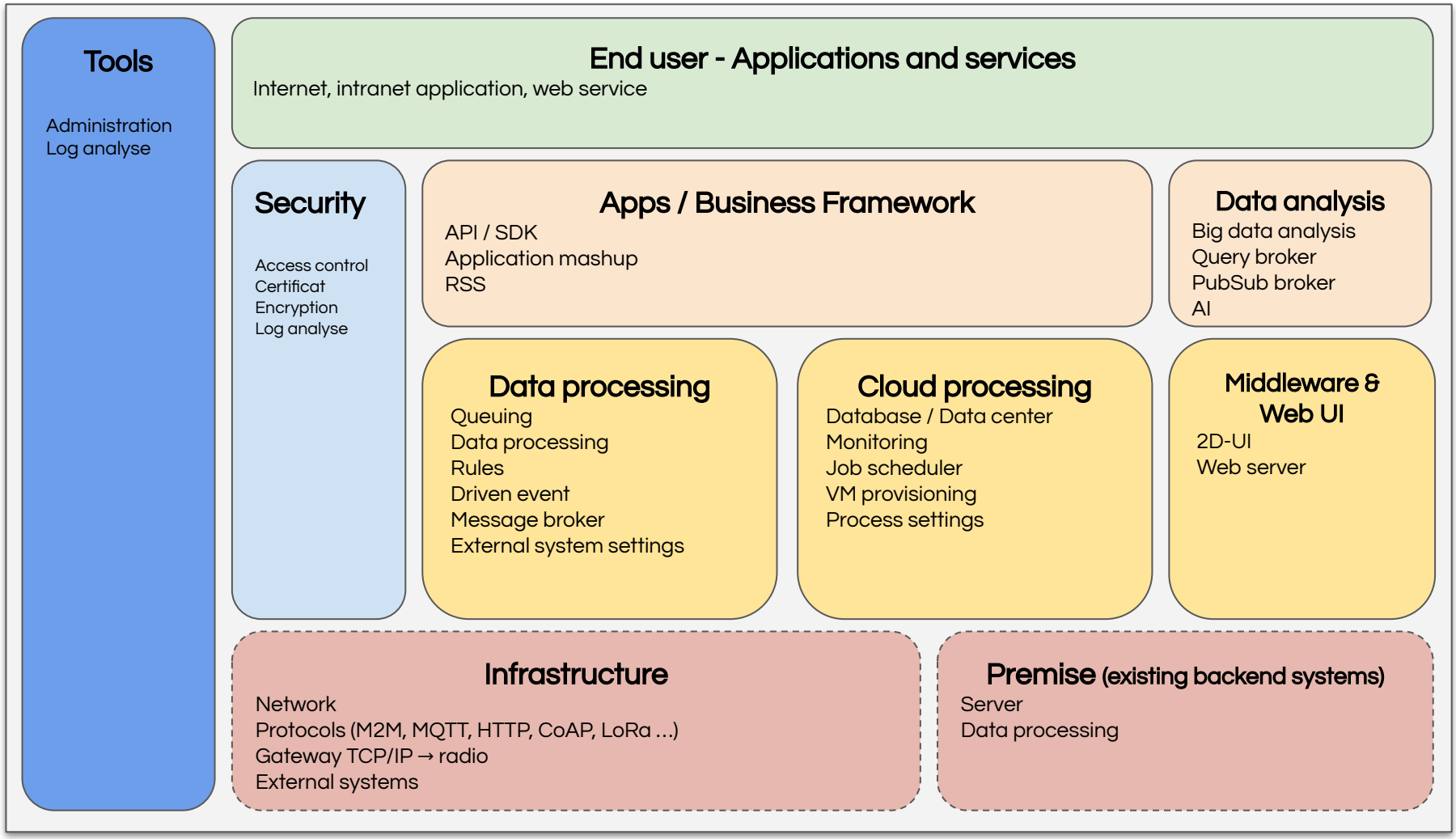
Agenda

- Architecture globale du cyber-système,
- Notion d'architecture système,
- Architectures classiques : self, home, city, work, commune,
- Les architecture verticales et les évolutions,
- Les architectures Cloud, Edge, Fog,
- Les services cloud comme solution industrielle : LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,
- Les solutions open source : notion de l'open source, licence, mise en oeuvre, communauté,
- **Les composants d'une plateforme,**
- Architecture et réseau des bus de terrain
- Architecture et réseau des architecture Home, City
- Architecture et réseau des architecture Self

Les composants d'une plateforme open source



Architecture de haut niveau

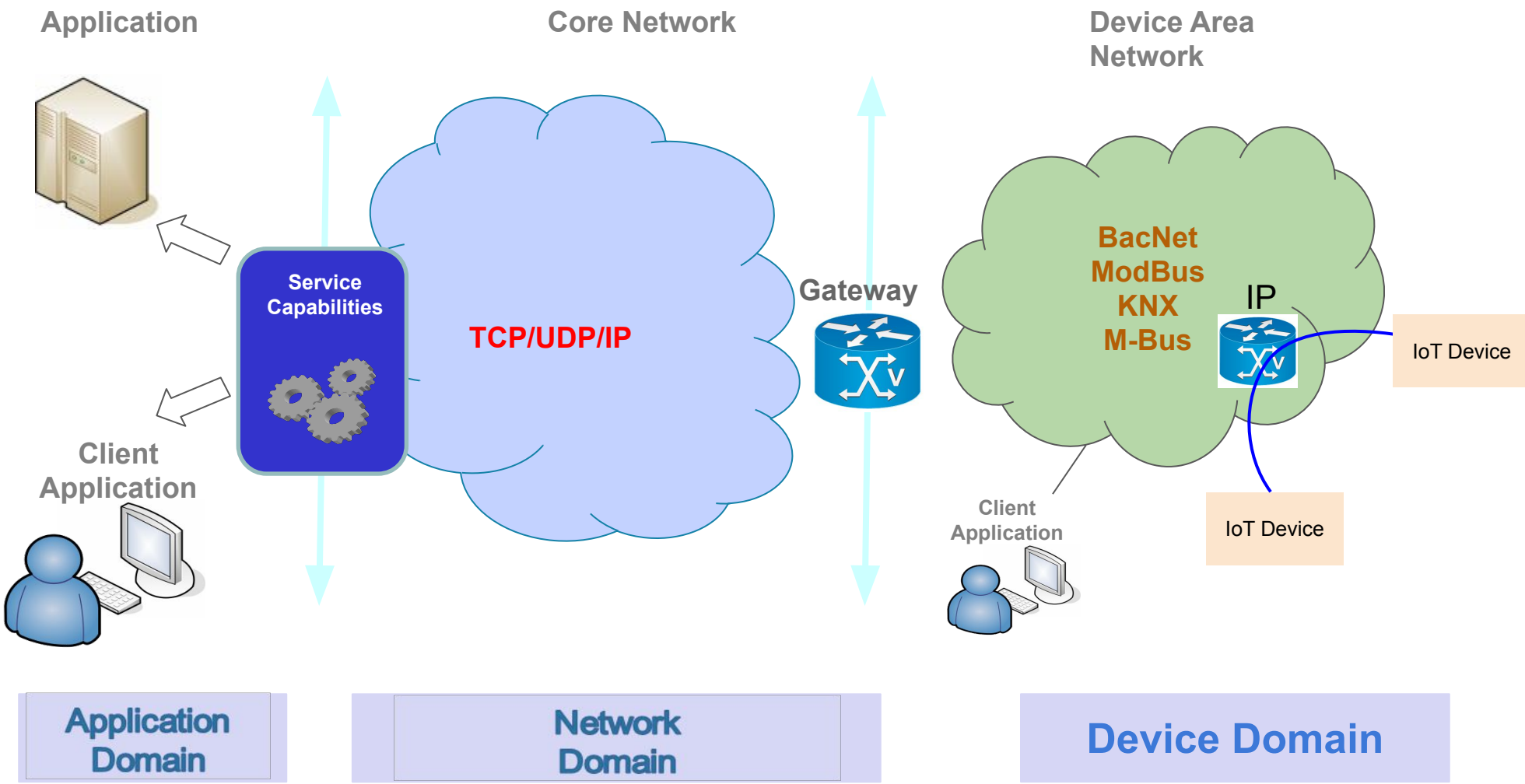


Architectures des systèmes

Agenda

- Architecture globale du cyber-système,
- Notion d'architecture système,
- Architectures classiques : self, home, city, work, commune,
- Les architecture verticales et les évolutions,
- Les architectures Cloud, Edge, Fog,
- Les services cloud comme solution industrielle : LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,
- Les solutions open source : notion de l'open source, licence, mise en oeuvre, communauté,
- Les composants d'une plateforme,
- **Architecture et réseau des bus de terrain**
- Architecture et réseau des architecture Home, City
- Architecture et réseau des architecture Self

Use case: Work, City



Les bus de terrain

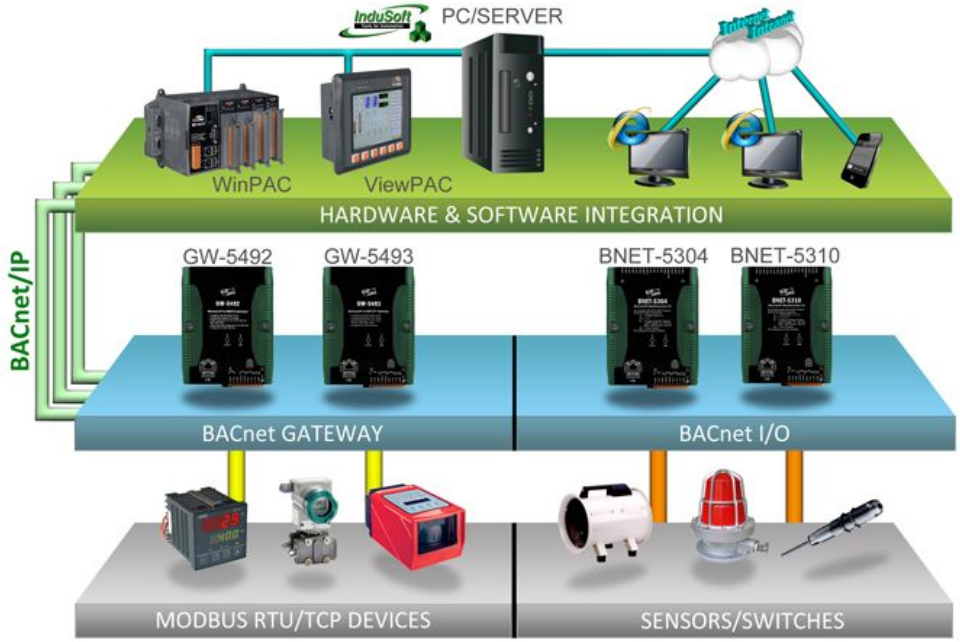
http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail?csnumber=63753
https://en.wikipedia.org/wiki/BACnet

BACnet

BACnet est un protocole de communication pour les réseaux d'automatisation et de contrôle des bâtiments (BAC). Il s'agit d'un protocole standard ASHRAE, ANSI et ISO 16484-5.

Systèmes de contrôle pour des applications telles que le contrôle du chauffage, de la ventilation et de la climatisation (HVAC), le contrôle de l'éclairage, le contrôle d'accès et les systèmes de détection d'incendie et leurs équipements associés.

Possibilité d'utiliser IP.

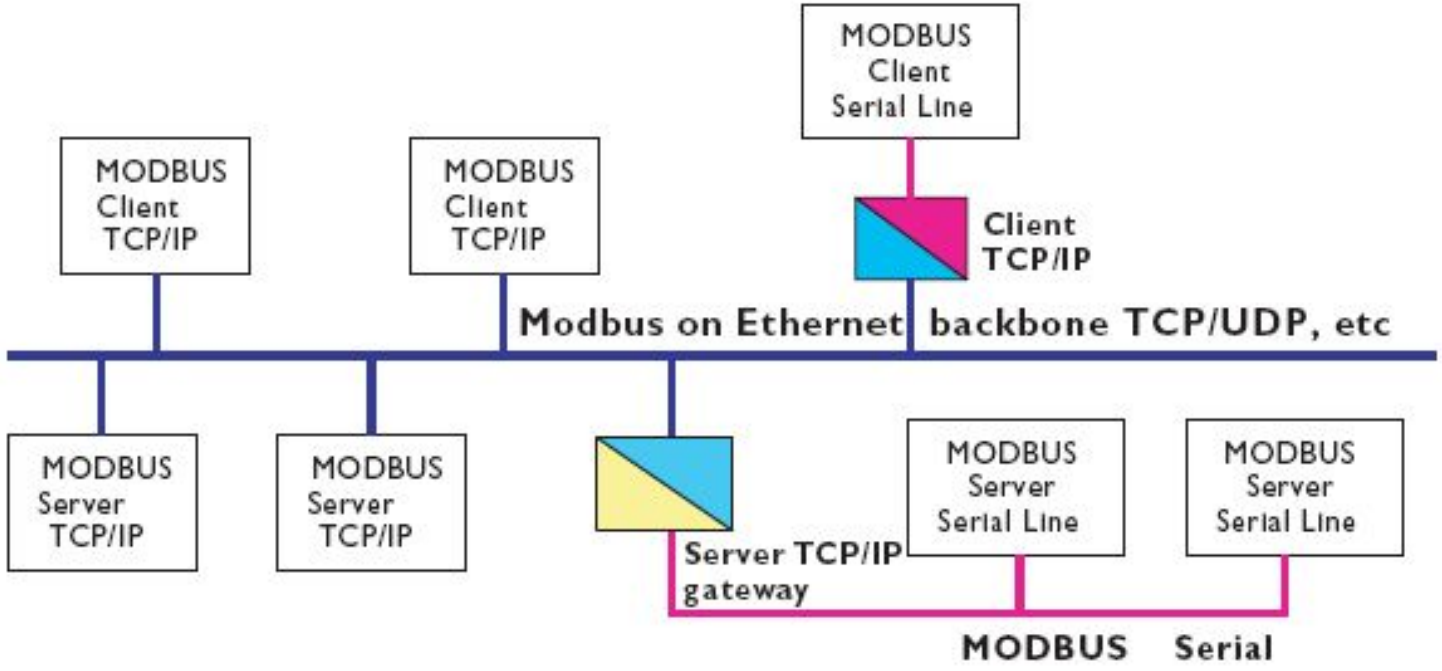


Les bus de terrain

http://www.modbus.org/
https://en.wikipedia.org/wiki/Modbus

ModBus est un protocole de communication série publié à l'origine par Schneider Electric.

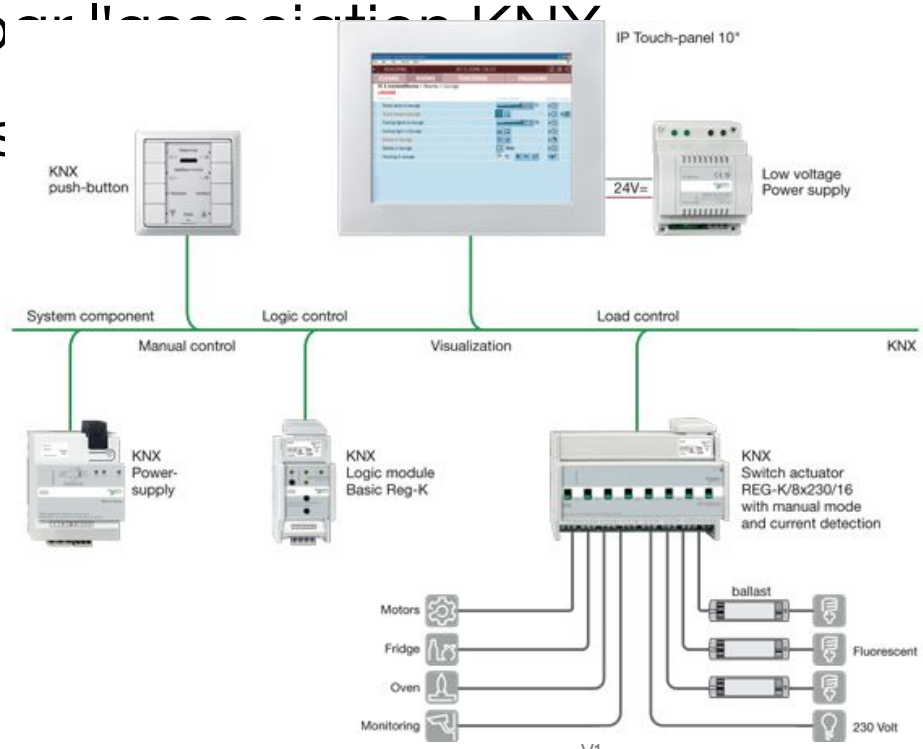
- À utiliser avec ses contrôleurs logiques programmables (PLC).
- Protocole de communication standard de facto.



http://www.knx.fr
http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail.htm?csnumber=59865
https://en.wikipedia.org/wiki/KNX_(standard)

KNX EN 50090, ISO/IEC 14543

- Basé sur OSI pour l'automatisation des bâtiments. KNX est le successeur et la convergence de trois normes précédentes : le protocole européen des systèmes domestiques (EHS), BatiBUS et le bus d'installation européen (EIB ou Instabus). La norme KNX est administrée par l'association KNX
- À utiliser avec ses contrôleurs logiques programmables (PLC).
- Protocole de communication standard de facto.

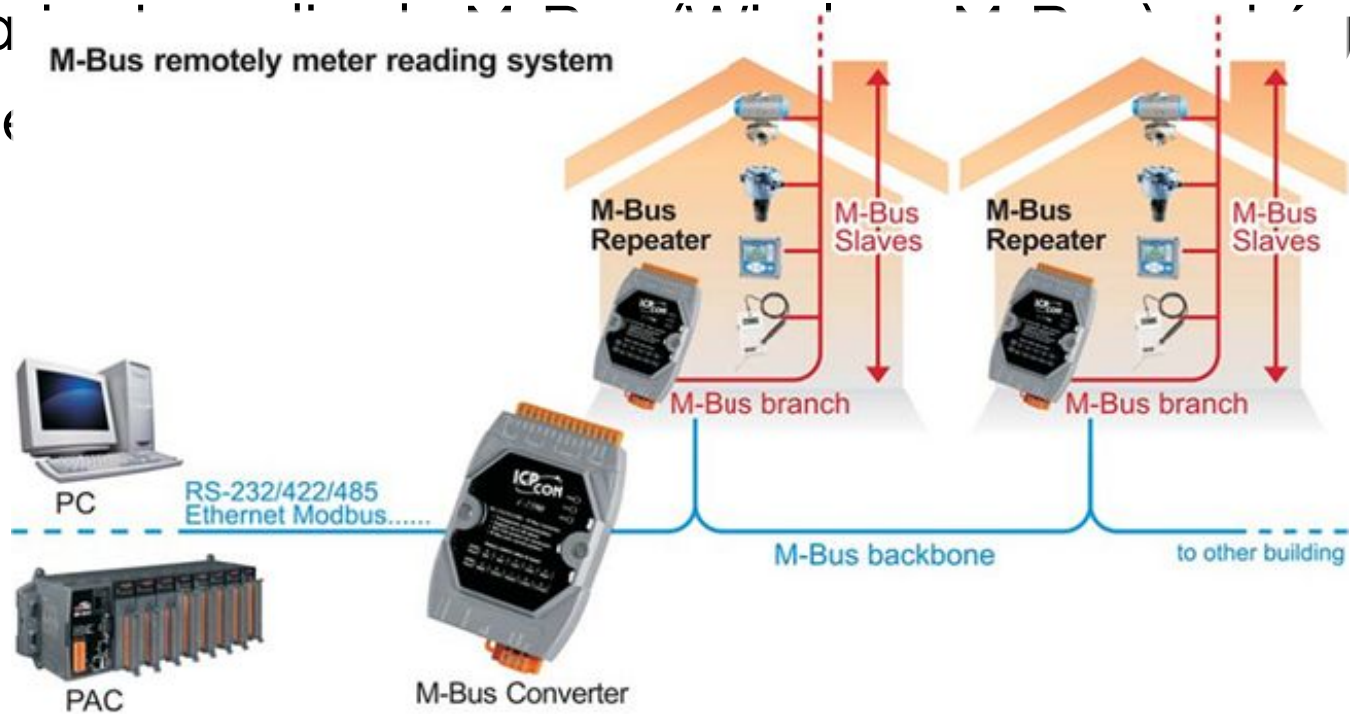


Les bus de terrain

http://www.knx.fr
http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail.htm?csnumber=59865
https://en.wikipedia.org/wiki/KNX_(standard)

M-Bus (Meter-Bus) **norme européenne (couche physique et liaison EN 13757-2, couche application EN 13757-3).**

- Pour le relevé à distance des compteurs de gaz ou d'électricité,
- Communication sur deux fils, ce qui le rend très rentable.
- Une va [illegible] alement spécifi[illegible]



Les bus de terrain

https://ieeexplore.ieee.org/document/7936054

CPL (Courants Porteurs en Ligne) IEEE Std 1901-2010 - CENELEC EN50065-1

- Le CPL se substitue à un réseau filaire en empruntant le réseau électrique classique,
- En plein essor depuis le début des années 2000 chez les particuliers,
- Les bandes des fréquences utilisées sont comprises entre 9 et 150 kHz en Europe,
- Adaptateurs CPL domestiques atteignant la vitesse théorique de 500 Mbits/s.

Architectures des systèmes

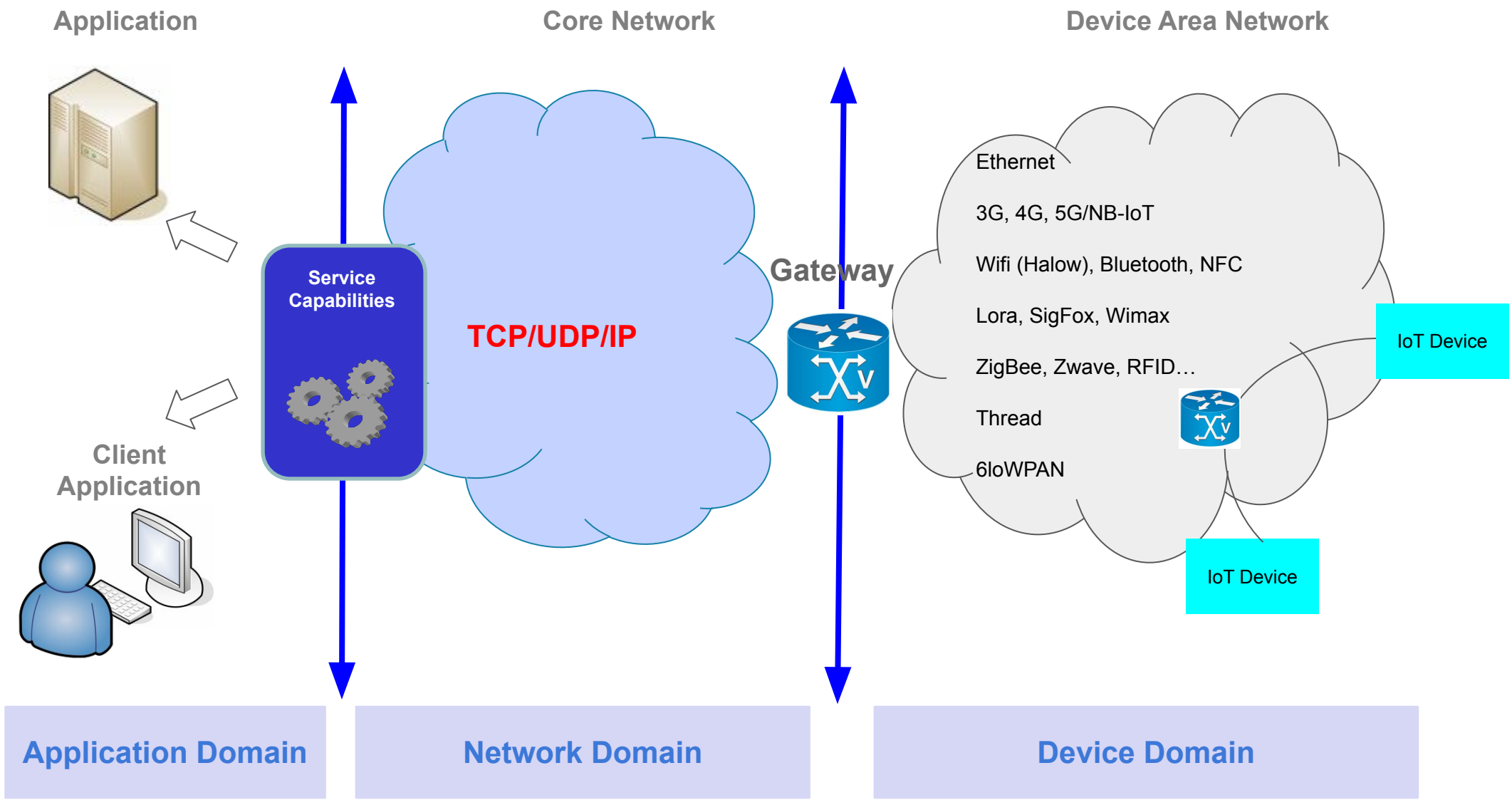
Agenda

- Architecture globale du cyber-système,
- Notion d'architecture système,
- Architectures classiques : self, home, city, work, commune,
- Les architecture verticales et les évolutions,
- Les architectures Cloud, Edge, Fog,
- Les services cloud comme solution industrielle : LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,
- Les solutions open source : notion de l'open source, licence, mise en oeuvre, communauté,
- Les composants d'une plateforme,
- Architecture et réseau des bus de terrain
- **Architecture et réseau des architecture Home, City**
- **Architecture et réseau des architecture Self**

System Architecture

Transport protocols: Home, City

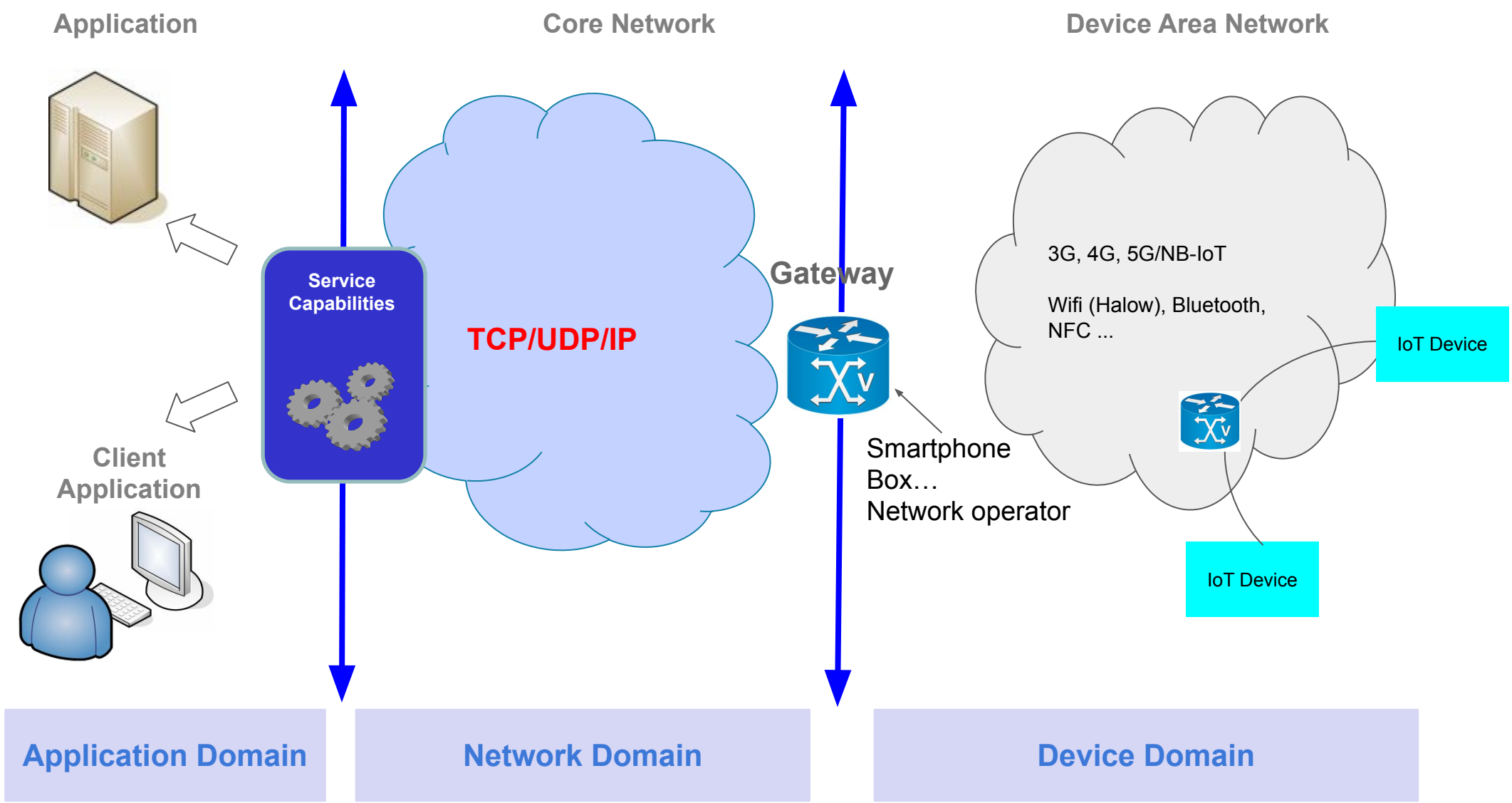
http://www.etsi.org/



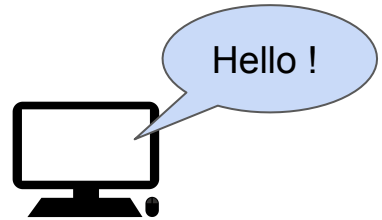
System Architecture

Transport protocols: Self

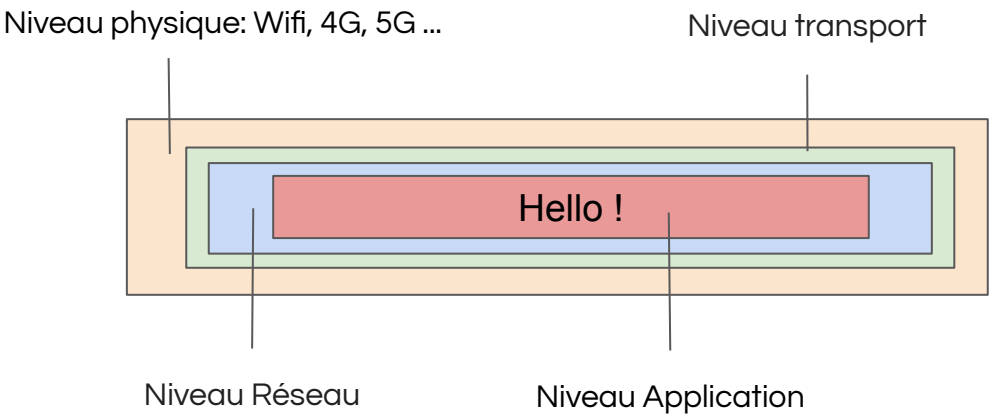
http://www.etsi.org/

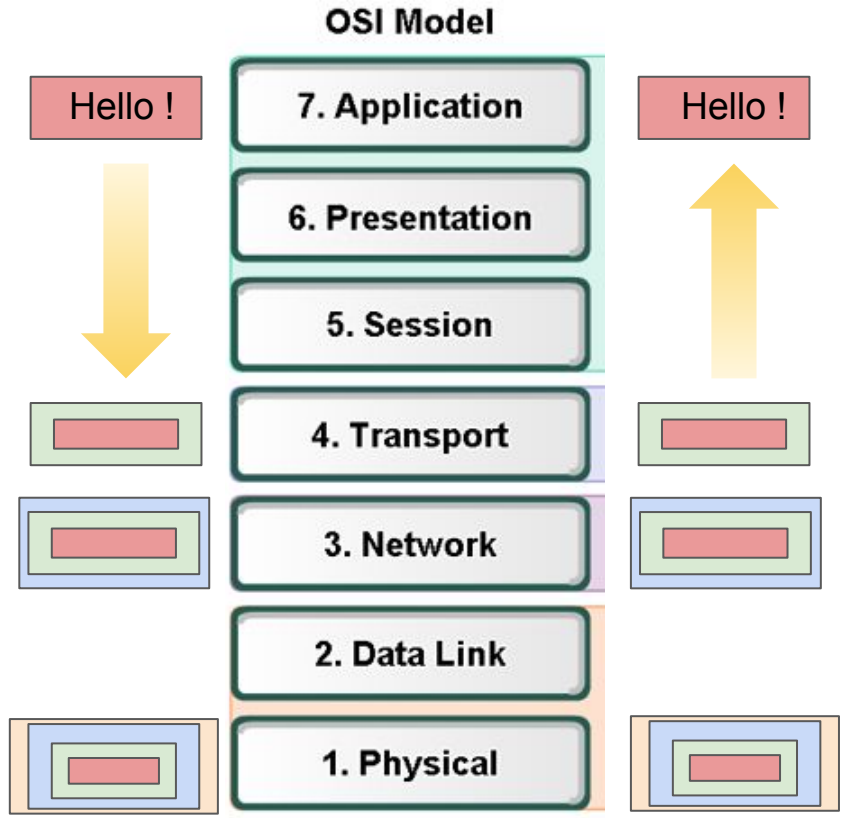


Les protocoles de communications / Structure



Structure simplifiée d'un message sur le réseau





Organisation des protocoles de communications

https://www.iso.org/ics/35.100/x/

Les protocoles de communications / Modèle OSI

	IoT Application	Device Management
Presentation	Binary - JSON - XML - ASCII	
	REST APIs	
Data Protocols	CoAP - HTTP - MQTT ...	
	DTLS - TLS	
Network Protocols	UDP - TCP	
	IPv4 - IPv6 - 6LoWPAN ...	
Physical Network	802.15 - Thread - Bluetooth - Wifi - Lte ...	

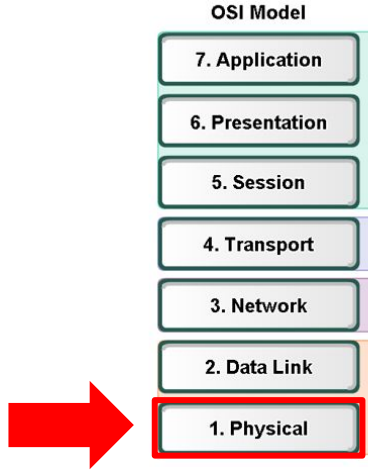
La convergence des protocoles

- Les systèmes évoluent très vite avec des nouvelles normes chaque année,
- Il est complexe de changer de protocole de communication car il faut modifier les équipements du réseau, cela peut représenter des millions de machines,
- La convergence se fait par transition et un niveau d'interopérabilité,
- La convergence se produit aussi bien dans les nouveaux réseaux que dans ceux qui sont déjà opérationnels,
- Globalement, on peut observer une convergence des protocoles pour répondre à différents Use Case.

Couche physique

- La couche physique ou couche 1 est la première et la plus basse couche ; La couche la plus étroitement associée à la connexion physique entre les appareils.
- La couche physique fournit une interface électrique, mécanique et procédurale au support de transmission.
- Une PHY , abréviation de "couche physique", est un circuit électronique , généralement implémenté sous forme de circuit intégré , nécessaire pour implémenter les fonctions de couche physique du modèle OSI dans un contrôleur d'interface réseau .

Transceiver Ethernet



Protocoles standard de transport réseau

Couche physique

- Couche physique câblée: cuivre / fibre optique
  - Ethernet
  - ATM
  - SDH
  - PDH …
- Couche physique radio:
  - Wifi
  - GSM
  - Bluetooth
  - ZigBee
  - LPWAN
  - NB IOT
  - LORAWAN
  - SIGFOX
  - LTE CAT-M1 / LTE-M
  - SUB-1 GHZ …

Protocoles standard de transport réseau

Couche physique radio

Protocol	Frequence	Portée	Débit	Consommation	Topology	Passerelle	Sécurité	Utilisation
ZigBee	2.4GHz, 915MHz (US), 868 MHz (EU)	100-325 ft	250 kbps (2.4) 40kbps (915) 20kbps (868)	basse	Mesh	oui	Crypté	Bâtiment unique
Z-Wave	915 MHz (États-Unis) 868 MHz (UE)	100-325 pieds	40 kbit/s (915) 20 kbit/s (868)	basse	Mesh	oui	Crypté	Bâtiment unique
Bluetooth 4.0+	2,4 GHz	200 pieds	25Mbps	moyen	PAN(Personal Area Network)	oui	Crypté	Personnel
Bluetooth 5	2,4 GHz	800 pieds	50Mbps	Moyen	PAN	oui	Crypté	Personnel
Bluetooth Low Energy (BLE)	2.4GHz	200 ft	10kB/s	Bas	PAN	oui	Crypté	Personnel
Wi-Fi	2.4GHZ/5GHz	115-230	7Gbps	Haut	Etoile	Non	Crypté	Bâtiment unique
Wi-Fi-ah (HaLow)	900MHz	3000 ft	347Mbps	basse	Etoile	Non	?	Bâtiment unique
Thread	2.4GHz	100 ft	250kbps	basse	Mesh	oui	Crypté	Bâtiment unique
DigiMesh	2.4GHz/900 MHz (US)/868 MHz (EU)	20 miles	250 kbps (2.4) 40kbps (915) 20kbps (868)	basse	Mesh	oui	Crypté	Bâtiment unique / WAN
LoRa	150MHz-1GHz (lots of options)	20 miles	50kbps	basse	Etoile	oui	Crypté	WAN

Protocoles standard de transport réseau

Couche physique radio

Protocol	Frequence	Portée	Débit	Consommation	Topology	Passerelle	Sécurité	Utilisation
6LoWPAN	2.4GHz	380 ft	250kbps	basse	Mesh	Oui	Option	Bâtiment unique
EnOcean	900Mhz (US) 868 MHz (EU) 315 MHz	30-100 ft	125kbps	aucune	Mesh	Oui	Encrypted	Bâtiment unique
Wi-Fi-ah (HaLow)	900MHz	3000 ft	347Mbps	basse	Etoile	Non	?	Bâtiment unique
SigFox	900Mhz (US) 868 MHz (EU)	20 miles	100bps	basse	Etoile	Oui	Encrypted	WAN
LTE Cat-M1	1.4MHz	20 miles	1Mbps	basse	Etoile	non	?	WAN
NarrowBand-IoT (Cat M2)	<1GHz	20 miles	100kbps	basse	Etoile	non	Encrypted	WAN
3G and 4G Cellular	700 MHz, 800 MHz, 850MHz, 1700MHz, 1900MHz, 2100MHz, 2300MHz, 2500MHz	20 miles	200kbps (3G) 10Mbps (4G)	haute	Etoile	non	Encrypted	WAN
NFC	13,56 MHz	4 cm	106 kbit/s à 424 kbit/s	basse	dirigé	non	Encrypted	badge

Protocoles standard de transport réseau

https://rfid4u.com/rfid-frequency/
https://www.link-labs.com/blog/what-is-weightless

Couche physique radio

Protocol	Frequence	Portée	Débit	Consommation	Topology	Passerelle	Sécurité	Utilisation
RFID	(VHF) 433 Mhz – Active Tags (UHF) 860 MHz – 960 MHz Microwave Frequency 2.45 GHz & 5.4 GHz	High 1-1000 feet Medium 1-30 feet High 1-300 feet		basse	Etoile	Non	-	Tag RFID
Weightless-N	Voir Sigfox		Quelques octets	basse	Etoile	Non	-	capteur
Weightless-P	Bande de 12,5 kHz dans 400 MHz à 800 MHz		Quelques octets	basse	Etoile	Non	-	Capteur fonctionnalités bidirectionnelles
Weightless-W	400 MHz à 800 MHz		Quelques octets	basse	Etoile	Non	-	capteur

Couche physique radio / La fréquence

- La fréquence joue un rôle énorme dans la détermination des caractéristiques d'un protocole sans fil.
- La plupart des protocoles sans fil IoT fonctionnent sur des bandes de spectre sans licence.
- Cela signifie qu'ils n'ont pas à payer la taxe pour diffuser sur cette bande, mais le risque d'interférences provenant d'autres réseaux est élevé.
- Les fréquences plus élevées auront un débit de données plus élevé, une portée plus faible, une consommation d'énergie plus élevée et une pénétration de mur plus faible,
- 2,4 GHz est la seule fréquence sans licence à l'échelle mondiale, c'est pourquoi c'est la fréquence de facto pour la plupart des protocoles IoT.
- **Attention au changement de fréquence en fonction des pays !**

Protocoles standard de transport réseau

Couche physique radio / La portée

- L'utilisation d'une fréquence plus basse peut aider à la l'absorption des bâtiments.

La puissance absorbée

- Si l'équipement fonctionne sur batterie, sélectionner un protocole à faible consommation d'énergie.
- Généralement, les fréquences plus élevées consomment plus de puissance. Certains protocoles peuvent contourner ce problème avec des modes de veille (BLE).

Protocoles standard de transport réseau

Couche physique radio / Exigences sur les données

- Il est très important de respecter les exigences minimales en matière de débit de données. La fréquence joue à nouveau un rôle ici, une fréquence plus élevée permet généralement un débit de données plus élevé..

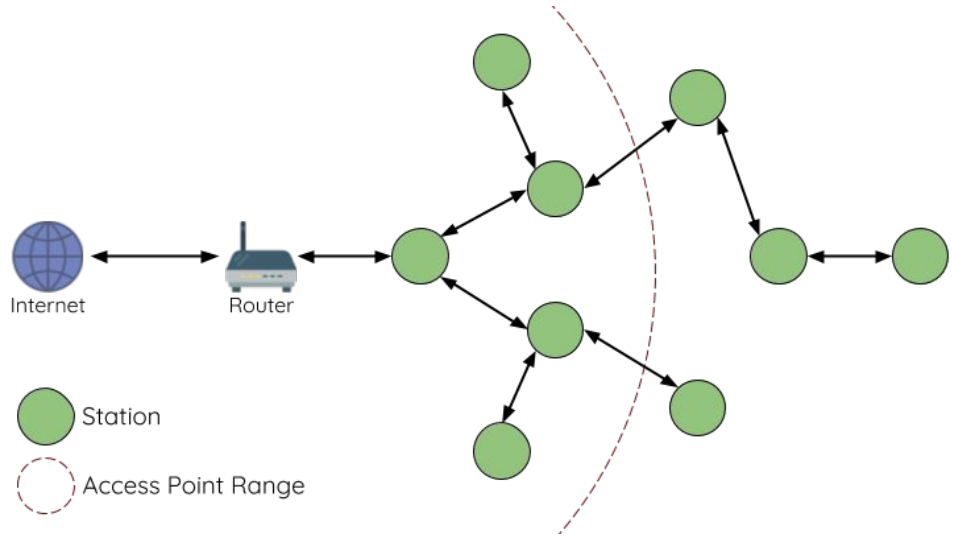
Topologie

- Les réseaux maillés sont moins chers à installer car ils ne nécessitent pas de concentrateur puissant et central.
- Les réseaux en étoile nécessitent une sorte de concentrateur raisonnablement puissant dans un emplacement central.
- Les réseaux en étoile offrent une très bonne latence et une fiabilité.

Protocoles standard de transport réseau

Couche physique radio / Les réseaux Mesh / maillés

- Un réseau maillé permet de palier au cas de panne et de congestion car le trafic peut changer de route dynamiquement,
- Il est difficile d'utiliser le câble, comme des espaces extérieurs, des espaces loués ou des locaux temporaires,
- Un réseau mesh peut avoir qu'un seul point d'accès



Protocoles standard de transport réseau

https://fr.wikipedia.org/wiki/Low_Power_Wide_Area_Network

Couche physique radio / Réseaux basse consommation

Low-Power Wide-Area Network (LPWAN) ou Low-Power Wide-Area (LPWA)

- Les systèmes autonomes fonctionnent sur batterie ou pile non rechargeable,
- **Le débit** de données LPWAN varie de 0,3 kbit/s à 50 kbit/s par canal,
- **Longue portée** : La portée de fonctionnement de la technologie LPWAN varie de quelques kilomètres en zone urbaine à plus de 10 km en milieu rural,
- **Faible consommation d'énergie** : optimisés pour la consommation d'énergie, les émetteurs-récepteurs LPWAN peuvent fonctionner sur de petites batteries peu coûteuses jusqu'à 20 ans,
- **Faible coût** : les protocoles simplifiés et légers de LPWAN réduisent la complexité de la conception matérielle et les coûts des appareils. La longue portée combinée à une topologie en étoile réduit les besoins d'infrastructure coûteux, et l'utilisation de bandes sans licence ou sous licence réduit les coûts du réseau.

Protocoles standard de transport réseau

https://www.sigfox.fr/

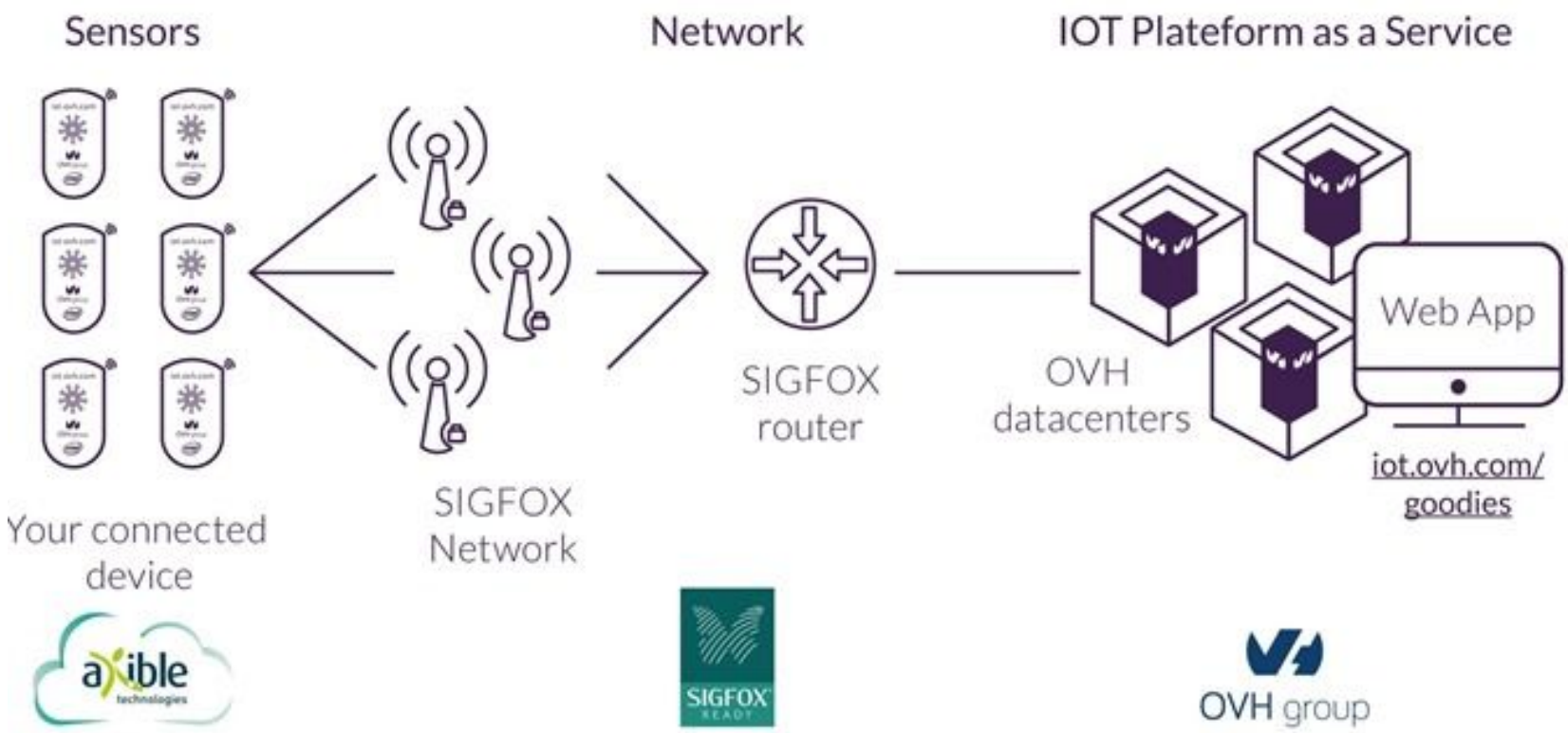
Couche physique radio / Longue portée / SigFox

- Technologie radio longue portée basse consommation, bas débit,
- Groupe de technologies appelé LPWA (Low Power, Wide Area) ,
- Petits paquets de données de 12 octets,
- Idéal pour les capteurs répartis dans de grandes zones,
- Communication avec des appareils distants d'au moins 50 km et dans certains cas de 100 km selon le terrain,
- Un message provenant d'un appareil Sigfox est généralement capté par 3 stations de base. Cela rend la technologie Sigfox très fiable avec un objectif de qualité de service de 99,99%.

Protocoles standard de transport réseau

https://www.sigfox.fr/
http://www.oezratty.net/wordpress/2015/reseaux-m2m-1/

Couche physique radio / Longue portée / SigFox + passerelle + cloud



Protocoles standard de transport réseau

https://www.sigfox.fr/

Couche physique radio / Longue portée / SigFox

- Couverture intérieure ou même souterraine possible,
- Sigfox peut atteindre des endroits inaccessibles aux réseaux GSM,
- Couverture: France, UK, Espagne, Italie, Allemagne, Pays-Bas, UK, Luxembourg, Russie,
- Sigfox utilise les bandes radio sans licence dans les bandes 868 MHz en Europe et 915 MHz en Amérique du Nord,
- Rapport cyclique de 1%: si l'envoi d'un message prend 1 seconde, l'appareil doit « se reposer » pendant 99 secondes, aux USA 400 millisecondes en chaque paquet,
- Sigfox a introduit le concept de réseaux 0G (zéro G).

Protocoles standard de transport réseau

https://www.sigfox.fr/
https://partners.sigfox.com/

Couche physique radio / Longue portée / SigFox

- Dans un réseau Sigfox, l'intelligence et la complexité se trouvent dans la station de base,
- L'émetteur-récepteur distant d'être très simple et par conséquent très bon marché,
- Il n'y a pas de synchronisation entre le réseau et l'appareil qui envoie le message.
- L'appareil envoie son message sur une fréquence sélectionnée au hasard dans les bandes attribuées, puis envoie deux répliques de messages sur des fréquences différentes.

Protocoles standard de transport réseau

https://fr.rs-online.com/

Couche physique radio / Longue portée / SigFox

- MIKROE-3163- Module pour SN10-13 SigFox 3,
- Prix 20 euros,
- Fourni avec l'abonnement au réseau Sigfox pour une durée d'un an à partir du moment de l'activation.

Protocoles standard de transport réseau

https://lora-alliance.org/
https://spot.objenious.com/eligibility-public
https://developer.orange.com/od-uploads/Offre-tarifaire-IoT-Connect-Low-Power-octobre-2018.pdf

Couche physique radio / Longue portée / LoRaWan (**Lo**ng **Ra**nge **Wan**) **/ Semtech**

- LoRa = Type de modulation radio + format des messages, device <-> device
- LoRaWan = Message entre device <-> Gateway
- Groupe de technologies appelé LPWA (Low Power, Wide Area)
- En France sur la bande de fréquence 868 mégahertz,
- L'architecture LoRaWAN: topologie en étoile, les passerelles relaient les messages entre les terminaux et un serveur de réseau central.

Protocoles standard de transport réseau

https://lora-alliance.org/
https://spot.objenious.com/eligibility-public
https://developer.orange.com/od-uploads/Offre-tarifaire-IoT-Connect-Low-Power-octobre-2018.pdf

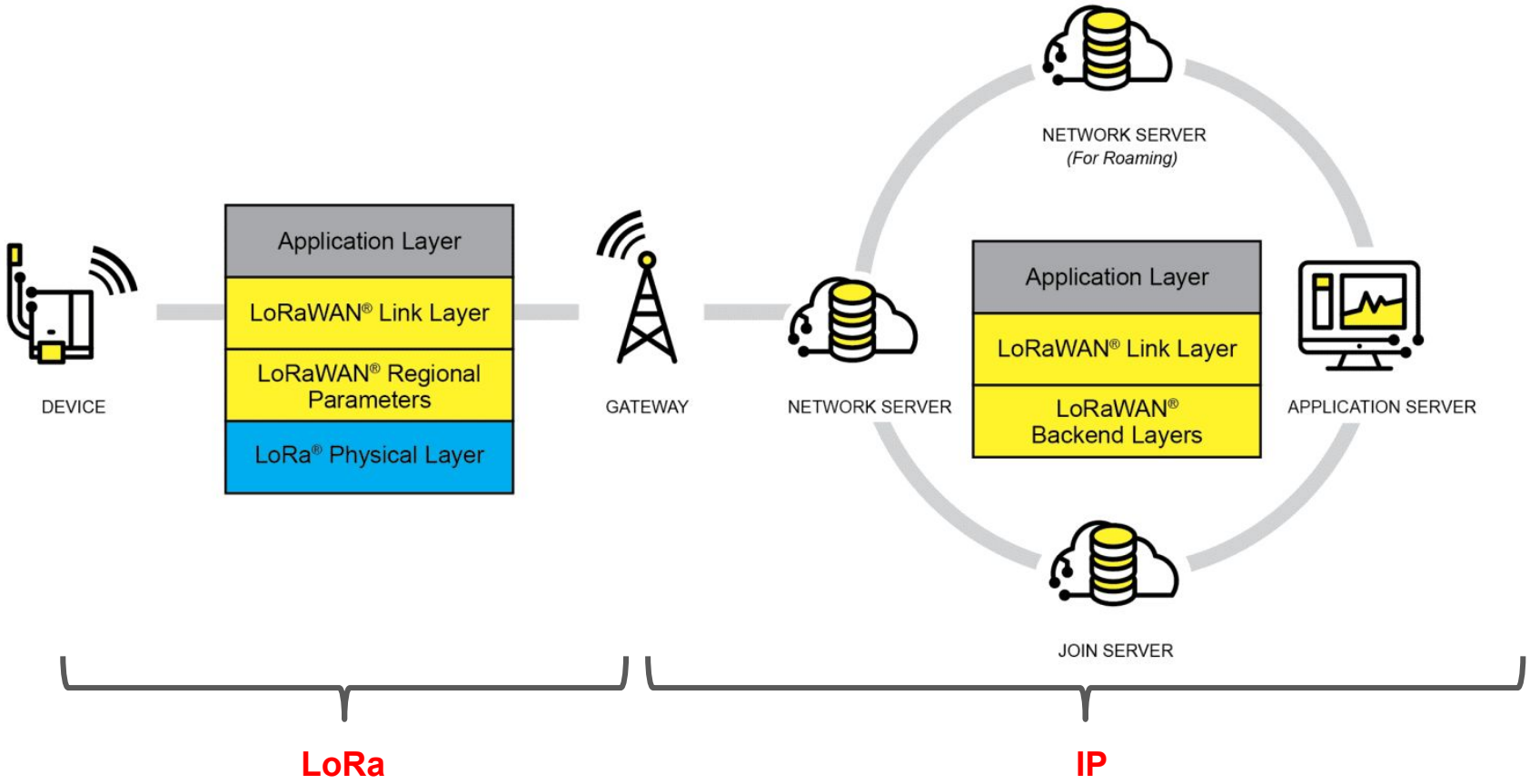
Couche physique radio / Longue portée / LoRaWan (**Lo**ng **Ra**nge **Wan**) **/ Semtech**

- Les passerelles sont connectées au serveur de réseau via des connexions IP standard, convertissant simplement les paquets RF en paquets IP,
- Communication bidirectionnelle,
- Les débits en bauds LoRaWAN vont de 0,3 kbps à 50 kbps.

Protocoles standard de transport réseau

https://lora-alliance.org/

Couche physique radio / Longue portée / LoRaWan (Long Range Wan)



Protocoles standard de transport réseau

https://lora-alliance.org/

Couche physique radio / Longue portée / LoRaWan (**Lo**ng **Ra**nge **Wan**)

- L'architecture LoRaWAN: topologie en étoile, les passerelles relaient les messages entre les terminaux et un serveur de réseau central,
- Une gateway peut recevoir les capteurs dans un rayon de 5km en zone urbaine, et dans un rayon de 15km en zone rurale,
- LoRaWAN propose trois classes différentes:
  - **Classe A** – Appareils finaux bidirectionnels à faible puissance,
  - **Classe B** – Terminaux bidirectionnels avec latence de liaison descendante déterministe,
  - **Classe C** – Périphériques finaux bidirectionnels à latence la plus faible.

Protocoles standard de transport réseau

https://lora-alliance.org/

Couche physique radio / Longue portée / LoRaWan (**Lo**ng **Ra**nge **Wan**)

- Chiffrement des données: clé de session réseau unique de 128 bits
- Algorithmes AES utilisés pour fournir l'authentification et l'intégrité
- Contrairement au Sigfox, le nombre de messages par capteurs (aussi bien montants que descendants) est illimité sur les réseaux LoRa,

Protocoles standard de transport réseau

http://www.3gpp.org/
https://en.wikipedia.org/wiki/NarrowBand_IOT
http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1785-nb_iot_complete

Couche physique radio / Longue portée / NB-IoT - 3GPP

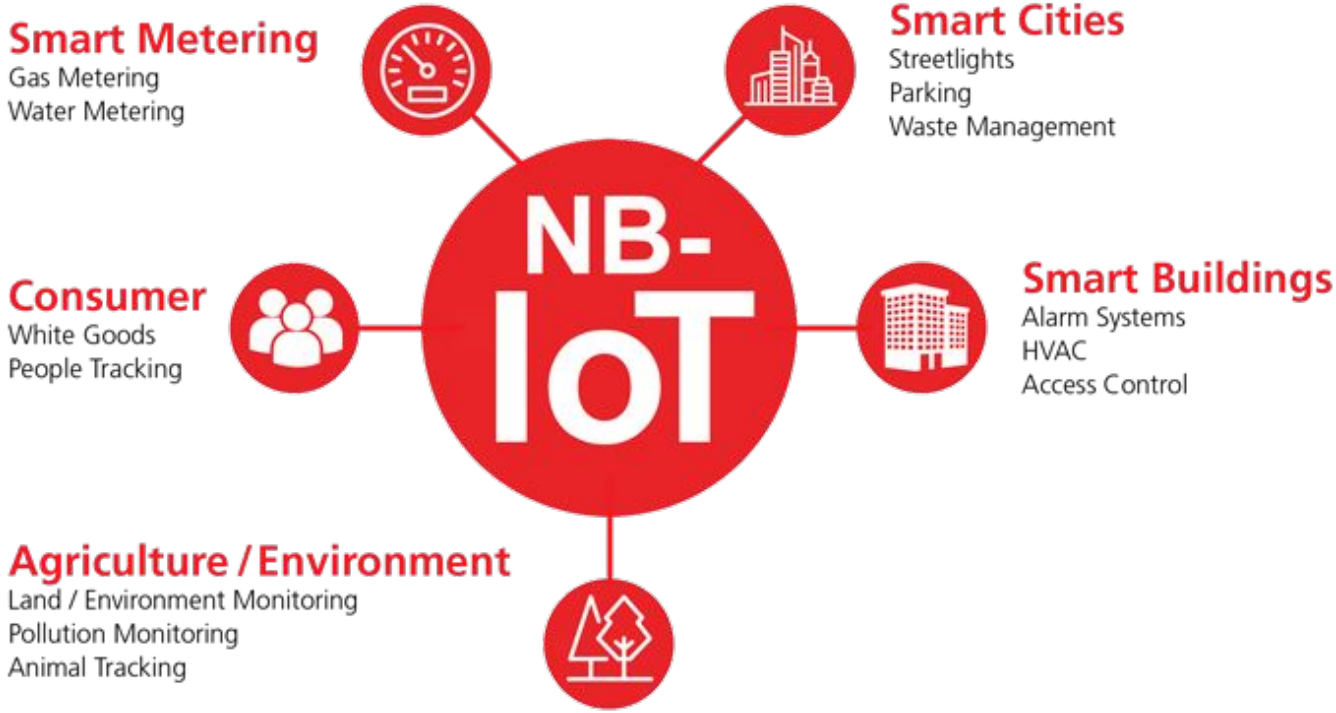
- Réseau étendu à faible puissance (LPWAN), une solution à mi-chemin entre le LPWAN (Sigfox, Lora), utilise 4G et 5G.
- Déployé sur les bandes 2G (GSM) et 4G (LTE), 5G,
- Il a été conçu pour des capteurs fixes. Transport des données uniquement,
- Communication faible coût, longue durée de vie de la batterie,
- Qualité de service (QoS) gérée,
- Sécurité de bout en bout,
- Débits de 20 à 250Kbit/s en download ou upload avec une latence inférieure à 10 secondes environ,
- Pour des capteurs fixes : capteurs agricoles, compteurs, éclairage, smart home.

Protocoles standard de transport réseau

http://www.3gpp.org/
https://en.wikipedia.org/wiki/NarrowBand_IOT
http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1785-nb_iot_complete

Couche physique radio / Longue portée / NB-IoT - 3GPP

- Adapté à de nombreux Use case:
  - Smart city
  - Smart home
  - Self



Protocoles standard de transport réseau

https://en.wikipedia.org/wiki/LTE-M

Couche physique radio / Infrastructure

LTE - LTE-M (Long-Term Evolution) 3GPP Release 13 - ETSI

- Les opérateurs déploient NB-IoT et LTE-M,
- Largement disponible auprès des auprès des opérateurs,
- Norme de technologie radio de réseau étendu à faible puissance (LPWAN),
- Technologie composée de: LT Cat0, LTE Cat M1: 1Mbit/s, LTE Cat M2: 7 Mbit/s

Protocoles standard de transport réseau

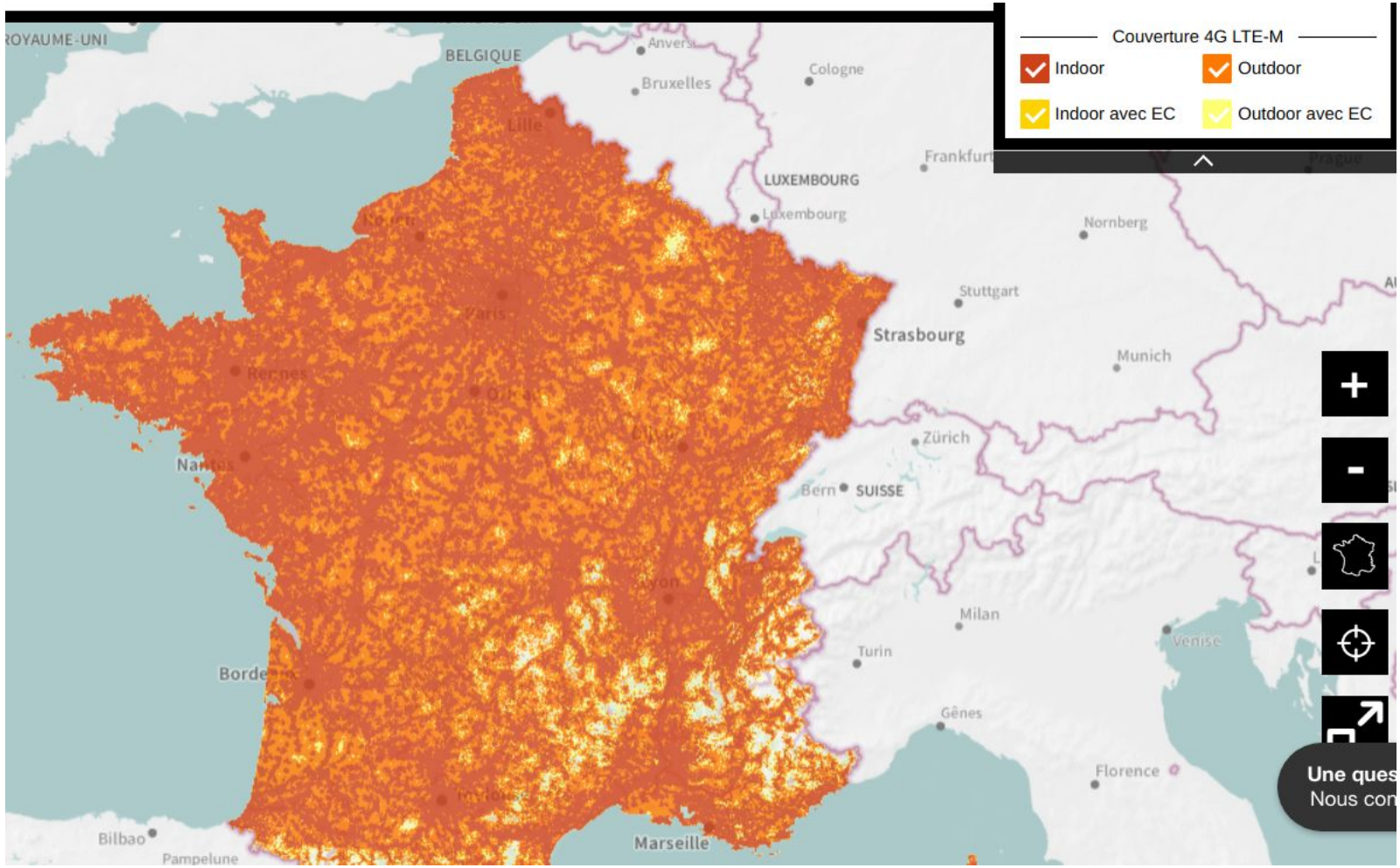
Couche physique radio / Longue portée / LTE-M

- Utilisation du réseau cellulaire GSM pour transmettre des données,
- Extension du réseau d'antennes 4G, il permet aux terminaux de fonctionner en France comme à l'étranger,
- Un coût très faible, et disponible de suite,
- Un débit ascendant le plus élevé que NB-IoT et EC-GSM-IoT: 1 Mbit/s vs 63 kbit/s pour NB-Iot et 474 Kbit/s pour le EC-GSM-IoT,
- Le handover possible indispensable pour le tracking ,
- Transmission de la voix, SMS, data,
- Extended Coverage (EC) qui vise à améliorer la réception des objets enterrés ou en intérieur,
- Consommation électrique importante dans des conditions de transmission difficiles.

Protocoles standard de transport réseau

https://www.orange-business.com/fr/reseau-LTE-M

Couche physique radio / Longue portée / LTE-M



Protocoles standard de transport réseau

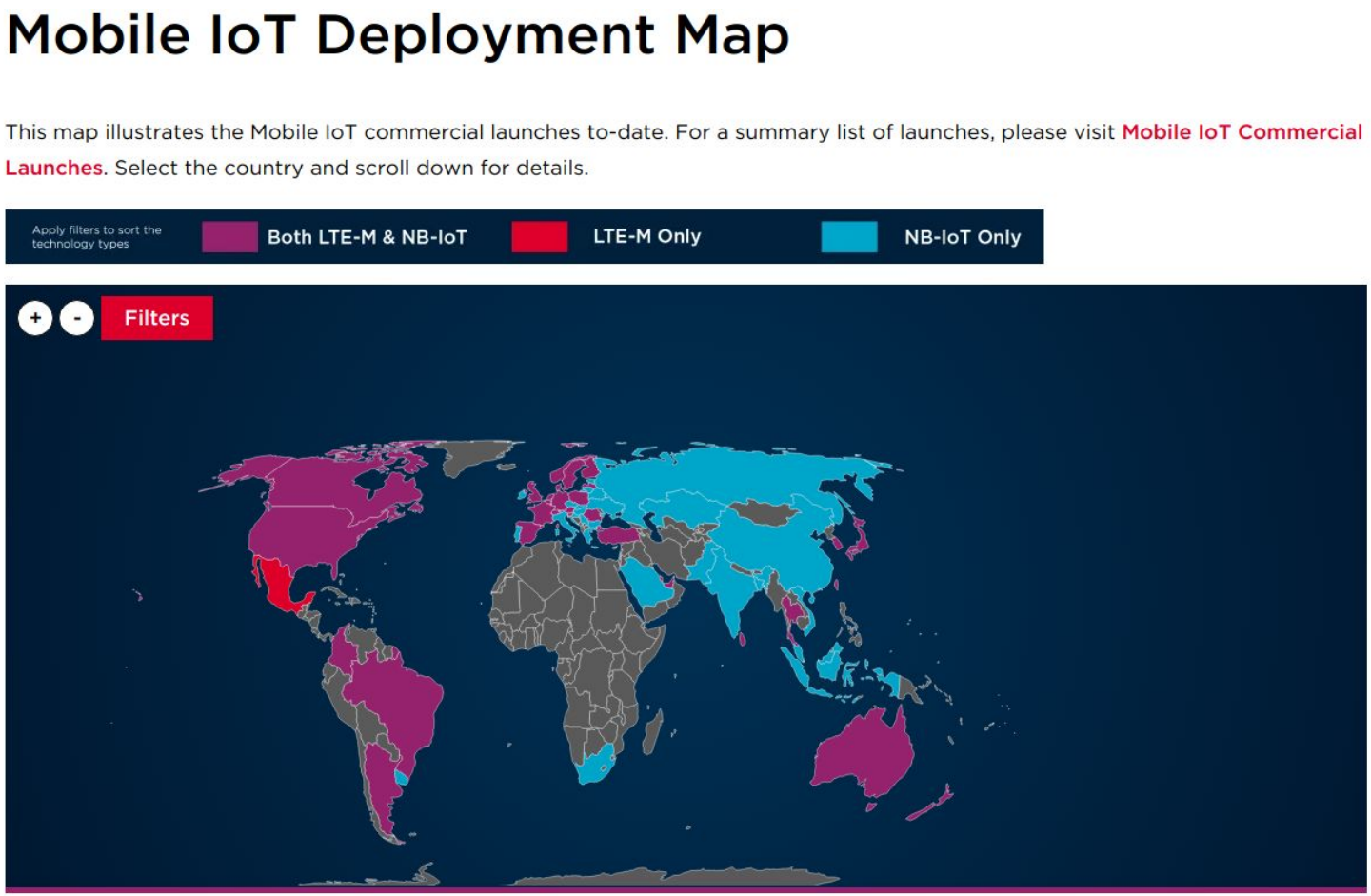
Couche physique radio / Longue portée / EC-GSM-IoT

- Déployable sur le réseau GSM existant (2G/3G/4G),
- Débits intermédiaires entre 474 Kbit/s et 2 Mbit/s,
- Transport SMS et data,
- Mobilité possible.

Protocoles standard de transport réseau

https://www.gsma.com/iot/deployment-map/

Carte de déploiement international



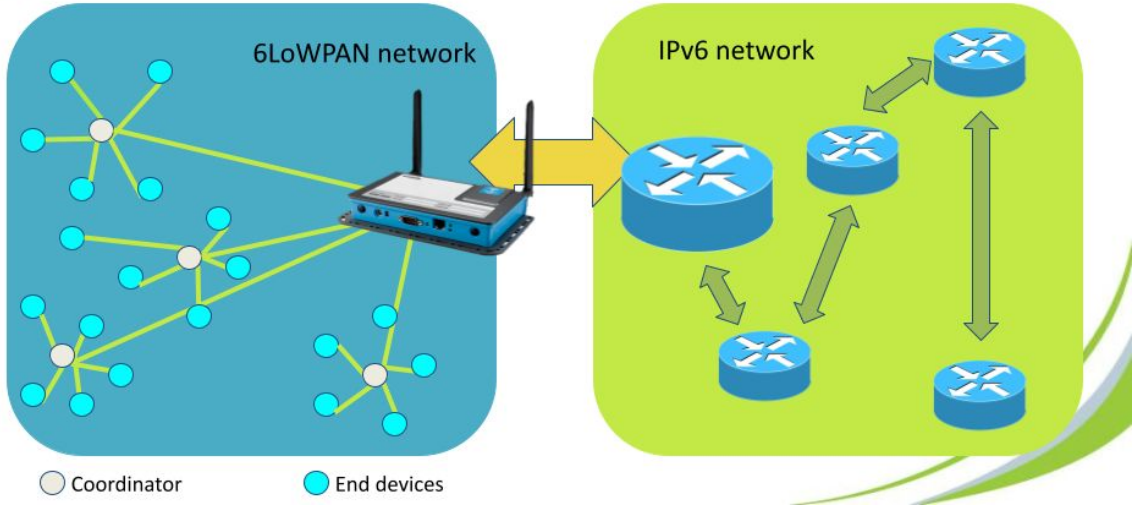
Protocoles standard de transport réseau

https://tools.ietf.org/html/rfc6282
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4

Couche physique radio / Infrastructure

6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks) - IETF RFC 6282

- Protocole permettant de transporter des paquets IPv6 sur des réseaux sans fil à faible puissance de type IEEE 802.15.4,
- Les réseaux 6LoWPAN sont connectés à d'autres réseaux simplement à l'aide de routeurs IP,
- Réseau à débit limité (jusqu'à 250 kbit/s).



Protocoles standard de transport réseau

https://tools.ietf.org/html/rfc6282
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
https://fr.rs-online.com/web/p/modules-de-developpement-de-communication-et-sans-fil/9054097

Couche physique radio / Infrastructure

6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks) - IETF RFC 6282

- Sécurité par chiffrement de bout en bout,
- Routage dans le réseau assuré par le protocole,
- Possibilité de mobilité dans un même réseau.

Gateway 6LoWPAN 2.4GHz

Protocoles standard de transport réseau

https://tools.ietf.org/html/rfc6282
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
https://fr.rs-online.com/web/p/modules-de-developpement-de-communication-et-sans-fil/9054097

Couche physique radio / Infrastructure

WI-FI (Wireless Fidelity)

- Réseau local sans fil à haut débit, norme IEEE 802.11,
- Ondes radios de 2,4 à 5Ghz de fréquence,
- Liaison haut débit (de 11 Mbit/s théoriques ou 6 Mbit/s réels en 802.11b à 54 Mbit/s théoriques ou environ 25 Mbit/s réels en 802.11a ou 802.11g et 600 Mbit/s théoriques pour le 802.11n),
- Un rayon d'action de plusieurs dizaines de mètres en intérieur (généralement entre une vingtaine et une cinquantaine de mètres),
- Plusieurs centaines de mètres voire dans des conditions optimales plusieurs dizaines de kilomètres (pour la variante WiMAX ou avec des antennes directionnelles).

Protocoles standard de transport réseau

https://tools.ietf.org/html/rfc6282
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
https://fr.rs-online.com/web/p/modules-de-developpement-de-communication-et-sans-fil/9054097

Couche physique radio / Infrastructure

WI-FI (Wireless Fidelity)

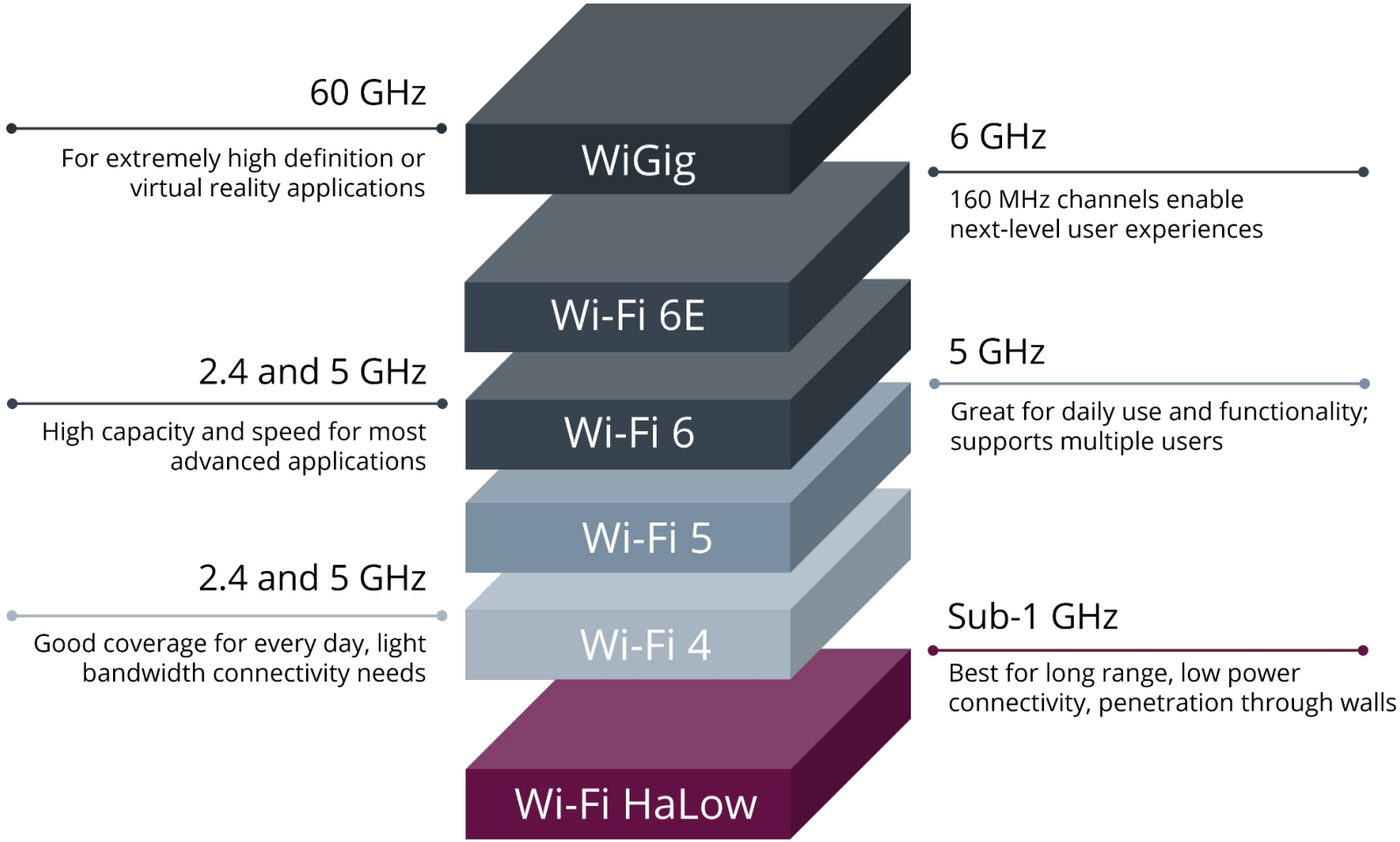
WiFi	Date d'apparition	Fréquences	Largeur de canal	Débit maximum théorique	Portée	Nom
802.11	1997	2,4Ghz	20Mhz	2Mbps	20m	N/A
802.11b	1999	2,4Ghz	20Mhz	11Mbps	35m	WiFi 1
802.11a	1999	5Ghz	20Mhz	54Mbps	35m	WiFi 2
802.11g	2003	2,4Ghz	20Mhz	54Mbps	38m	WiFi 3
802.11n	2009	2,4Ghz ou 5Ghz	20, 40Mhz	72,2Mbps - 450Mbps	70m	WiFi 4
802.11ac vague 1	2014	5Ghz	20, 40, 80Mhz	866,7Mbps	35m	WiFi 5
802.11ac vague 2	2016	5Ghz	20, 40, 80, 160Mhz	1,73Gbps	35m	WiFi 5
802.11ax	fin 2019	2,4Ghz ou 5Ghz	20, 40, 80, 160Mhz	2,4Gbps	N/A	WiFi 6

Protocoles standard de transport réseau

https://tools.ietf.org/html/rfc6282
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
https://fr.rs-online.com/web/p/modules-de-developpement-de-communication-et-sans-fil/9054097

Couche physique radio / Infrastructure

WI-FI (Wireless Fidelity)

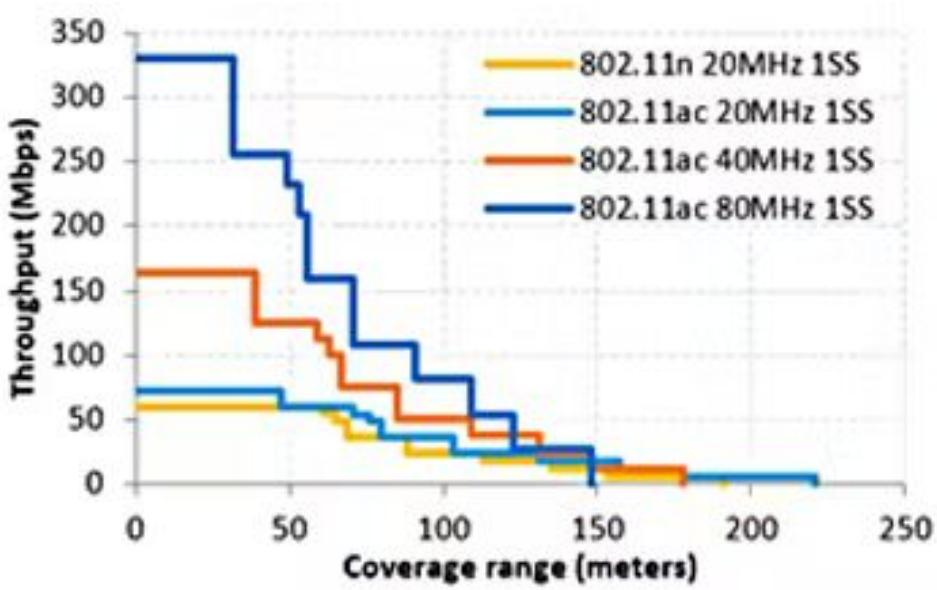


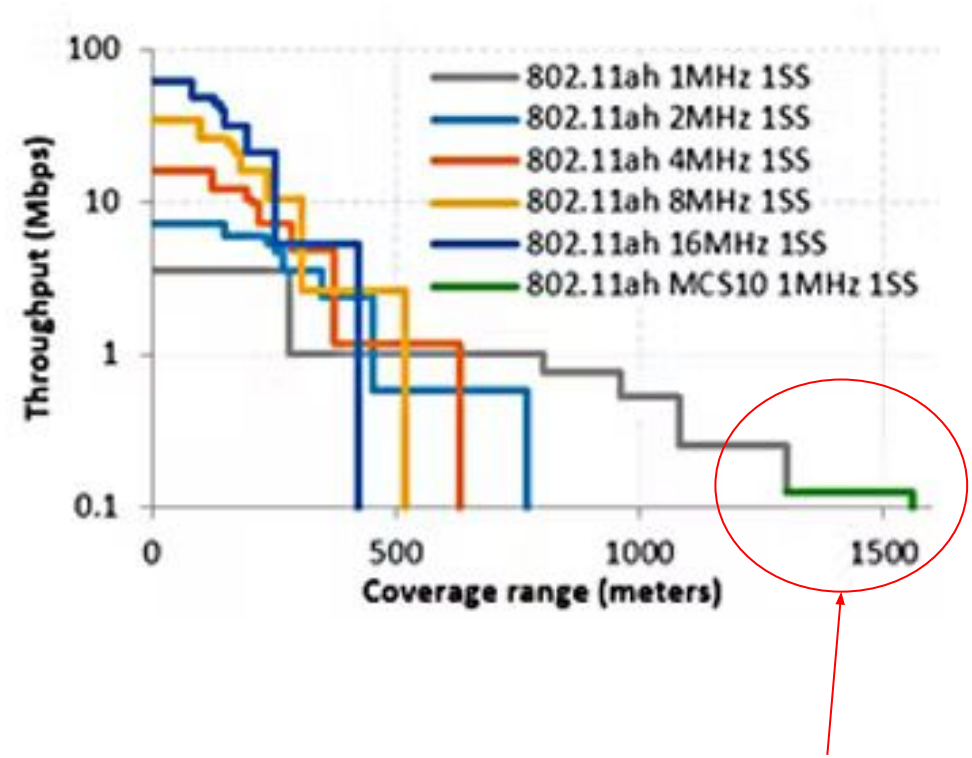
Protocoles standard de transport réseau

https://tools.ietf.org/html/rfc6282
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
https://fr.rs-online.com/web/p/modules-de-developpement-de-communication-et-sans-fil/9054097

Couche physique radio / Infrastructure

WI-FI (Wireless Fidelity)





Protocoles standard de transport réseau

https://tools.ietf.org/html/rfc6282
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
https://fr.rs-online.com/web/p/modules-de-developpement-de-communication-et-sans-fil/9054097

Couche physique radio / Infrastructure

WI-FI (Wireless Fidelity)

- Les normes 802.11a, 802.11b et 802.11g sont dépassées,
- Le WiFi 6 va permettre d'augmenter le débit de 40% en comparaison de la norme WiFi 5,
- La consommation est plus importante les batteries dure moins aussi,
- WI-FI6 permet de communiquer avec plusieurs appareils simultanément en divisant le canal WiFi,
- Les équipements commencent à être commercialisé,
- Vidéo en qualité 4K HDR avec Dolby vision.

Protocoles standard de transport réseau

https://tools.ietf.org/html/rfc6282
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
https://fr.rs-online.com/web/p/modules-de-developpement-de-communication-et-sans-fil/9054097

Couche physique radio / Infrastructure

WI-FI6 802.11ax

- La dernière version de la norme WiFi est la 802.11ax qui correspond au WiFi 6,
- Fréquence entre 1 et 7,125 GHz,
- Fonctionne dans des bandes exemptes de licence,
- Le point d'accès forme des faisceaux vers chaque client.

Protocoles standard de transport réseau

http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11ah-2016.html
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ah

Couche physique radio / Infrastructure

Wifi Halow - IEEE 802.11ah

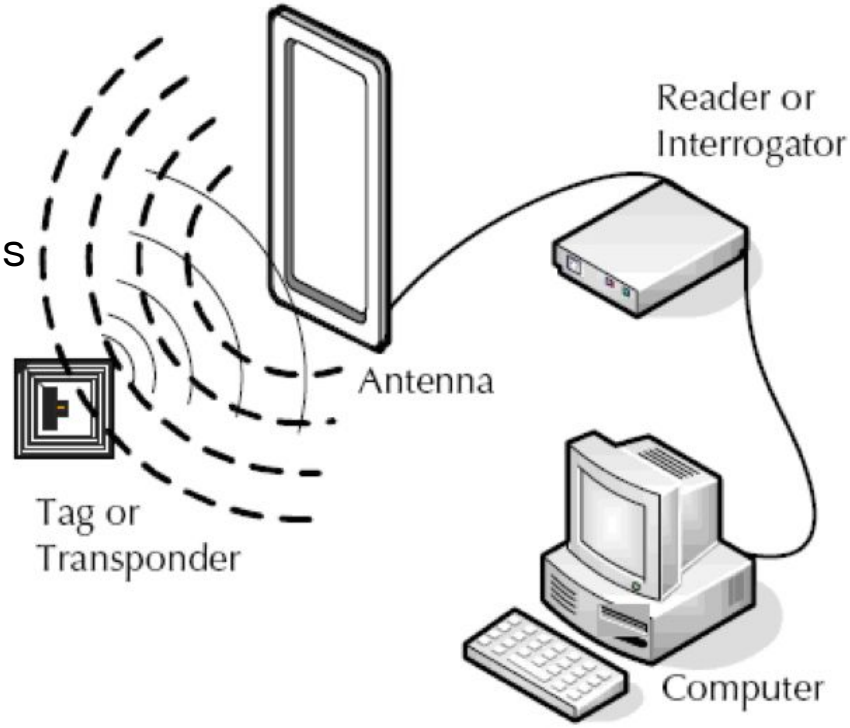
- Utilise des bandes de 900 MHz exemptes de licence,
- Des débits de données jusqu'à 347 Mbit/s,
- Une consommation d'énergie réduite (mode standby), permettant la création de grands groupes de stations ou de capteurs qui coopèrent pour partager des signaux,
- La faible consommation d'énergie du protocole rivalise avec Bluetooth et présente l'avantage supplémentaire de débits de données plus élevés et d'une plage de couverture plus large,
- Chaque point d'accès peut prendre en charge 8 000 appareils

Protocoles standard de transport réseau

Couche physique radio / Courte portée

RFID - Radio-frequency identification

- Inventé en 1948 par Harry Stockman
- Identification d'objets
- Dédié à la communication à courte portée
- Données : lire, écrire
- TAG:
  - Actif : batterie interne (2 → 4 ans), autonomie plus grande,
  - Passif : sans batterie, durée de vie illimitée,
- Composant:
  - Étiquette : puce, antenne
  - Lecteur : module RF, antenne
  - Ordinateur hôte : middleware



Protocoles standard de transport réseau

https://www.enocean.com
https://en.wikipedia.org/wiki/EnOcean

Couche physique radio / Courte portée

EnoCean - ISO/IEC 14543-3-10

- Applications radio à très faible puissance,
- Communications sans fil sans batterie avec générateurs piézo,
- Algorithme AES avec une clé de 128 bits,
- 125 kilobits par seconde, 50 µWs pour un seul télégramme,
- 868 MHz pour l'Europe,
- Numéro d'identification unique de 32 bits (ID),
- Passerelle : Wi-Fi, Ethernet/IP, KNX, BACnet,
- Carte Raspberry Pi avec le kit de développement EnOcean.

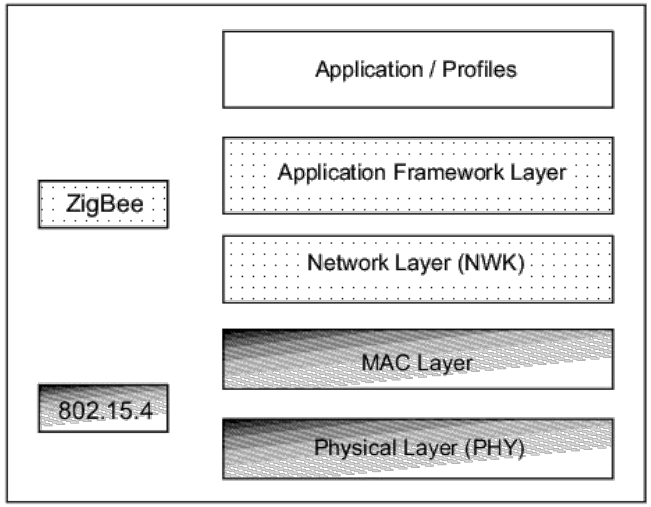
Protocoles standard de transport réseau

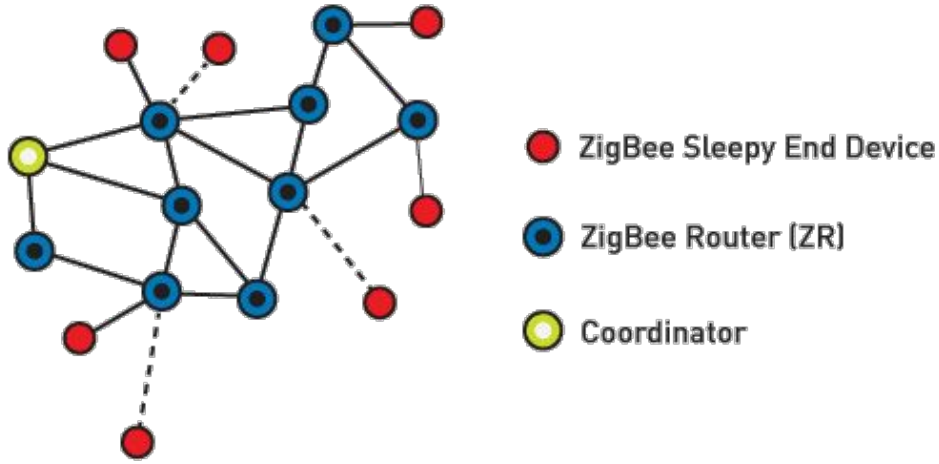
http://www.zigbee.org
https://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee

Couche physique radio / Courte portée

ZigBee - IEEE 802.15.4-2003 - ZigBee Alliance

- Les nœuds sont conçus pour fonctionner plusieurs mois (jusqu'à dix ans pour les moins consommateurs), nécessite une passerelle,
- Débit : 250 Kb/s (jusqu'à),
- Profil prêt : domotique, soins personnels à domicile et hospitaliers, énergie intelligente...





Protocoles standard de transport réseau

Couche physique radio / Infrastructure

Z-Wave Alliance ZAD12837 / ITU-T G.9959 - open protocol / technologie propriétaire

- Domotique principalement, en réseau mesh,
- Accusé de réception,
- Chaque composant est à la fois récepteur et émetteur,
- Passerelle Z-Wave pour un accès Ip et Internet,
- Le débit est de 9.6/40/100kbit/s,
- Permettre le contrôle de jusqu'à 232 appareils,
- Le seul fabricant de puces est Sigma Designs,
- Open source : http://www.openzwave.com/ - pour intégrer la fonctionnalité Z-Wave dans les applications.

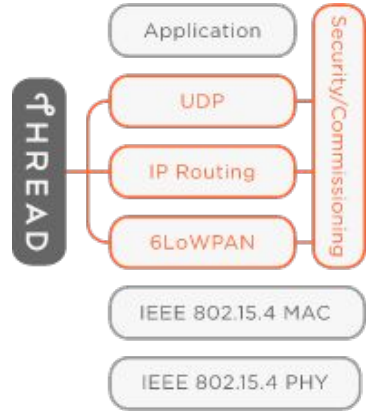
Contrôleur Z-Wave Plus dongle USB - 40€

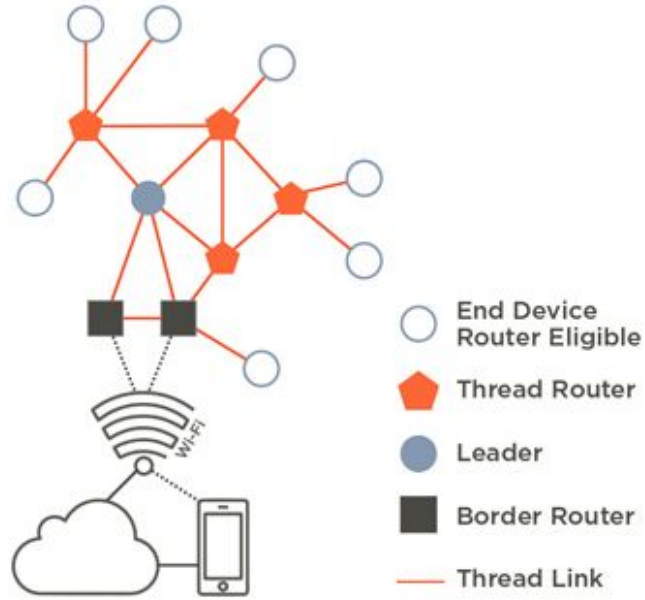
Protocoles standard de transport réseau

http://threadgroup.org
https://en.wikipedia.org/wiki/Thread_(network_protocol)

Couche physique radio / Infrastructure / Thread - Closed-documentation

- Utilise l'infrastructure existante ,
- Basé sur IEEE802.15.4 et 6LowPAN,
- Jusqu'à 250 nœuds avec des niveaux élevés d'authentification et de cryptage,
- Basé sur IPv6, UPD + DTLS,
- Conçu pour une très faible puissance.
- **OpenThread** - Licence BSD (permettant à quiconque de le réutiliser, de le modifier ou de le redistribuer sous forme source ou binaire)
  - https://github.com/openthread/openthread)
  - https://github.com/ARMmbed/nanostack-border-router





Protocoles standard de transport réseau

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103300_103399/103357/01.01.01_60/ts_103357v010101p.pdf
https://mioty-alliance.com/

Couche physique radio / Infrastructure / MIoTy - TS 103 357 ETSI

- Protocole de réseau étendu à faible puissance (LPWAN),
- Liaison montante fonctionne sur la bande 868 MHz, sans licence en Europe,
- La portée de quelques kilomètres en zone urbaine à plus de 10 km en milieu rural,
- Telegram splitting : (ou TSMA, telegram splitting multiple access),
- Particulièrement robuste en milieu industriel,
- Roaming jusqu'à 120 Km/h,
- Batterie jusqu'à 10 ans,
- Concurrent de LoRa.

Protocoles standard de transport réseau

Couche physique / Synthèse

Les réseaux longues portées :

- Basse consommation LWPAN: Sigfox, LoRa,
- Technologies cellulaires: GSM, 2G, 3G, 4G, 5G, LTE

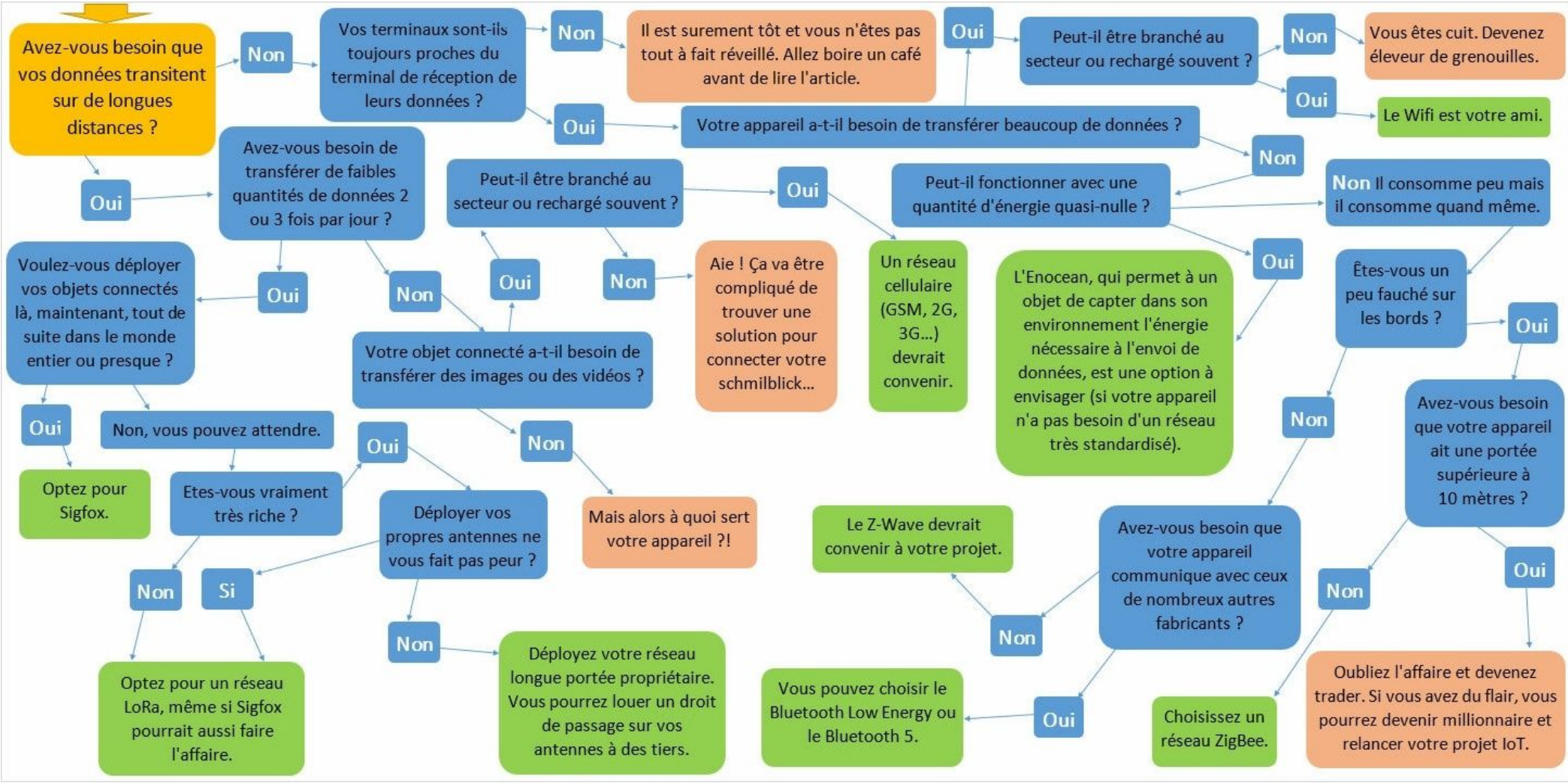
Les réseaux à courte portée, wearable, domotique :

- Faible débit: Z-Wave, le ZigBee, ou encore le Bluetooth Low Energy, EnoCean, MIoTy
- Fort débit: Wifi, Thread

Protocoles standard de transport réseau

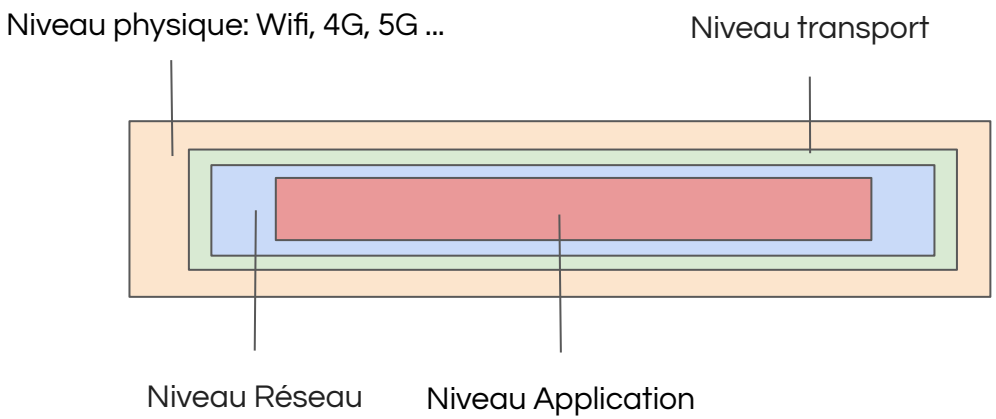
Les protocoles de communications / Couche physique

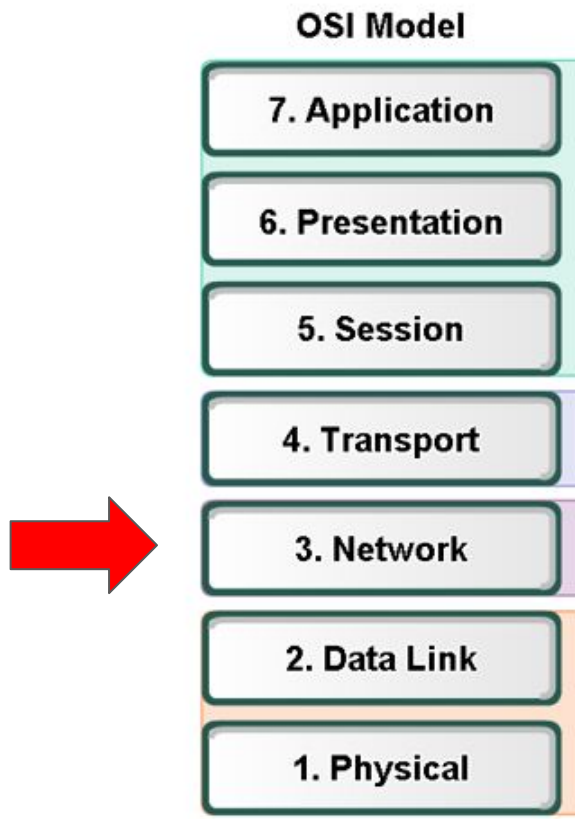
Synthèse



Les protocoles de communications / Couche Réseau

Structure simplifiée d'un message sur le réseau



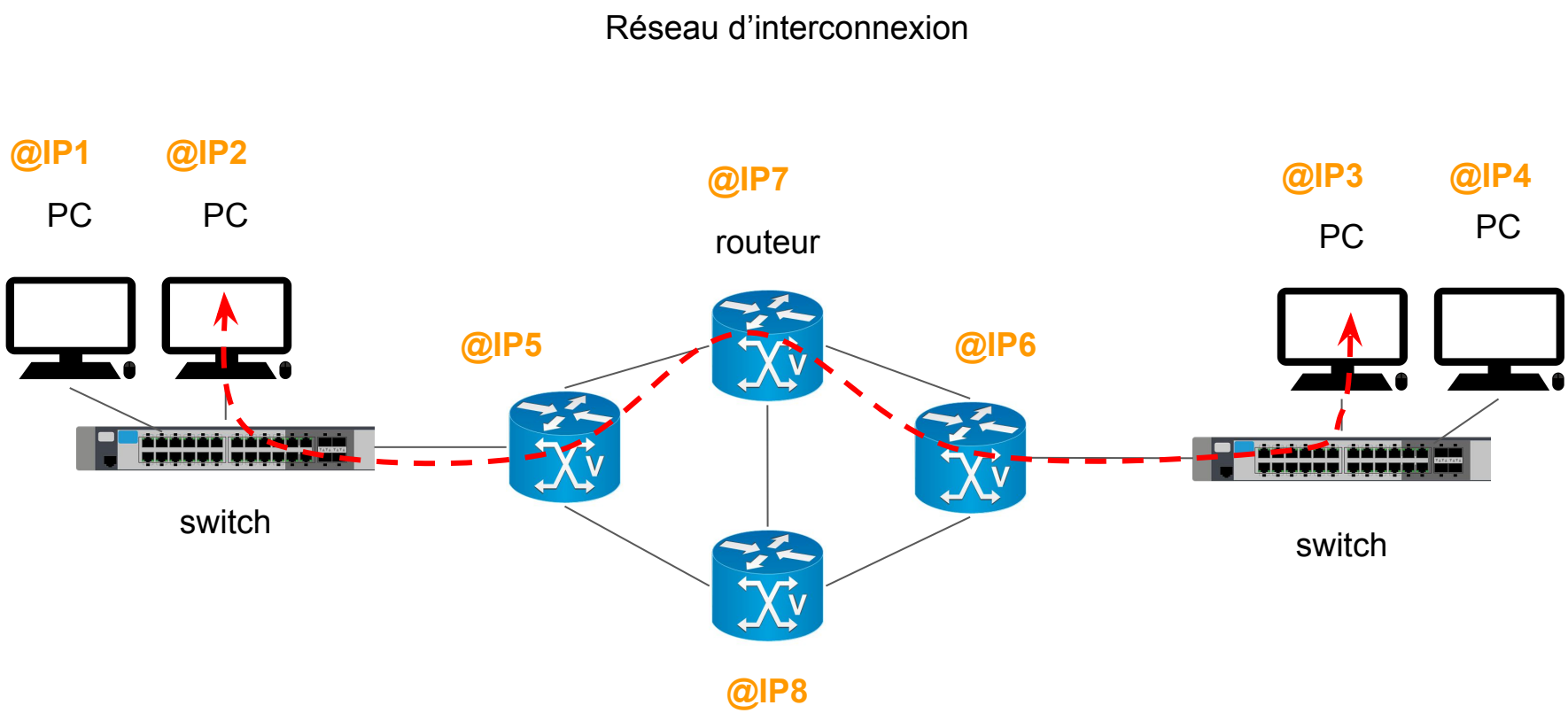


Les protocoles de communications / Couche réseau IP

Couche 3 réseau / IP:

- Couche de routage,
- IP (Internet Protocol) est largement majoritaire sur Internet et en local,
- IP transfère les données à travers une interconnexion de réseaux,
- Adressage logique des noeuds du réseau,
- Utilisé par les protocoles de la couche de transport,
- Définition d'un chemin pour transférer les données (datagrammes) d'un équipement émetteur à un destinataire,

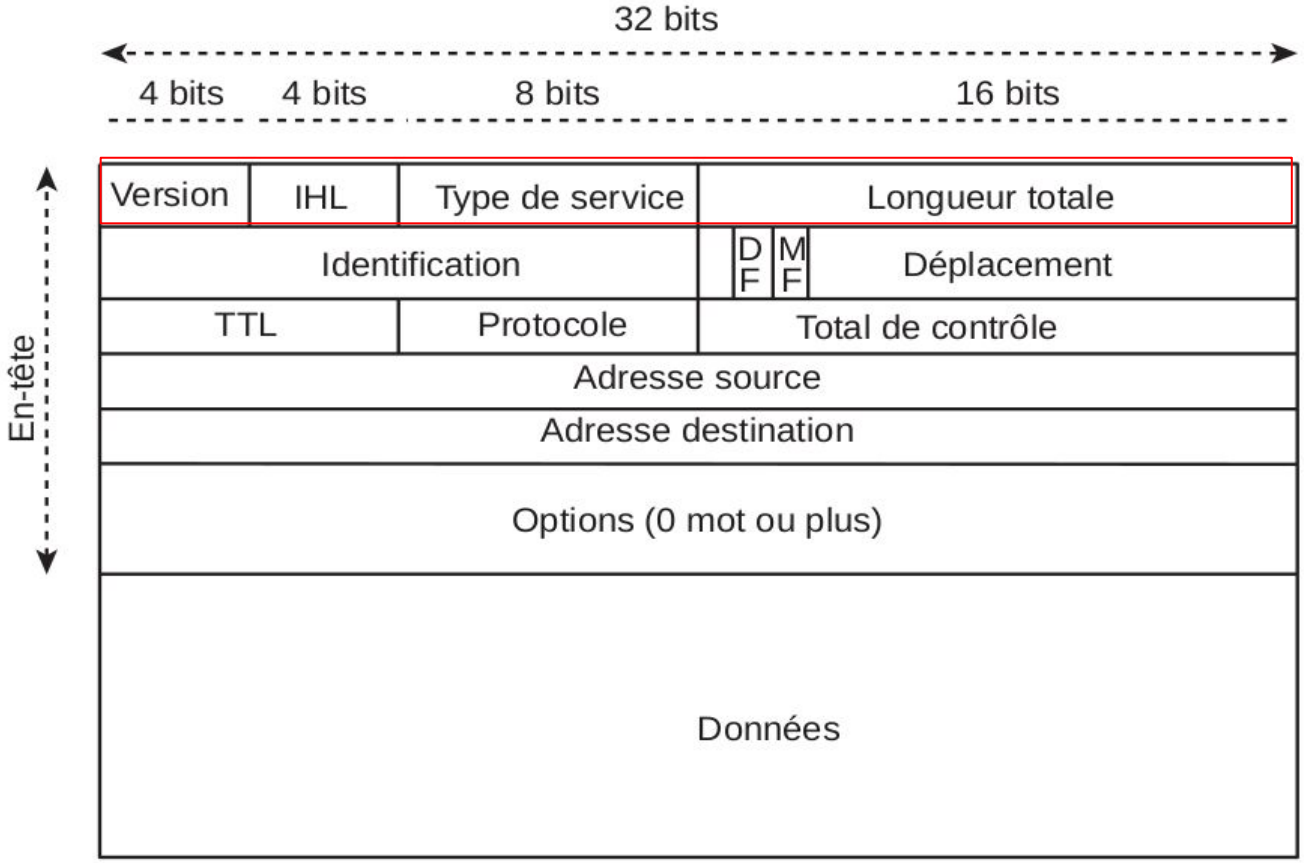
Les protocoles de communications / Couche réseau IP



Les protocoles de communications / Couche réseau IP

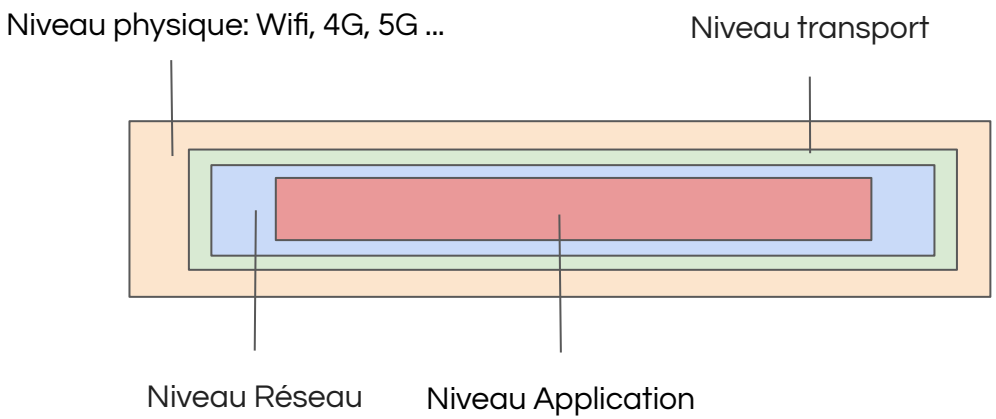
- IP ne fournit aucune garantie d'un acheminement correct des données,
- Chaque datagramme est géré indépendamment des autres.
- Plusieurs versions de IP: v4 et v6
- Le datagramme IP comprend un en-tête et des données,
- L'en-tête contient principalement les adresses IP de la source et du destinataire,
- Les différents champs sont décrits par des mots de 32 bits

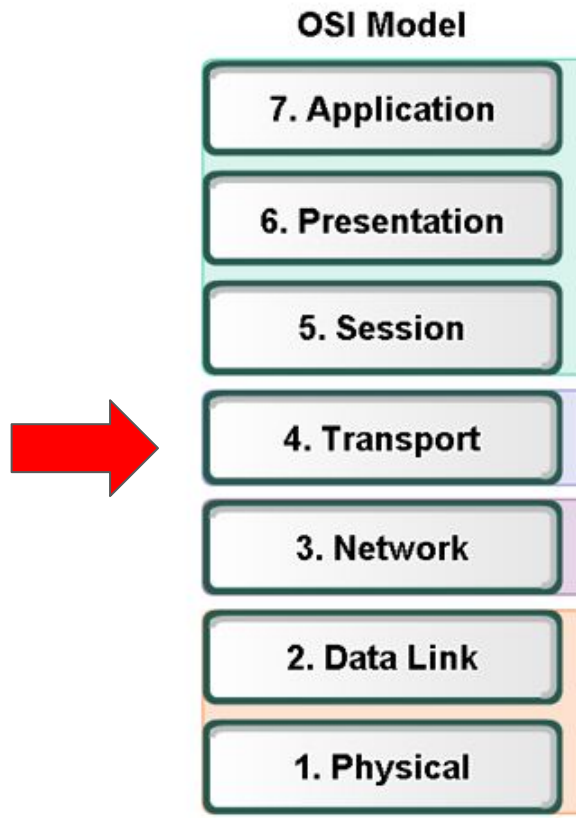
Les protocoles de communications / Couche réseau IP



Les protocoles de communications / Couche transport

Structure simplifiée d'un message sur le réseau





Protocoles de transport de données

Les protocoles de communications / Couche transport

Couche 4 transport:

- Protocole avec garantie de transmission: TCP
- Protocole sans garantie de transmission: UDP

Les protocoles de communications / Couche transport / TCP

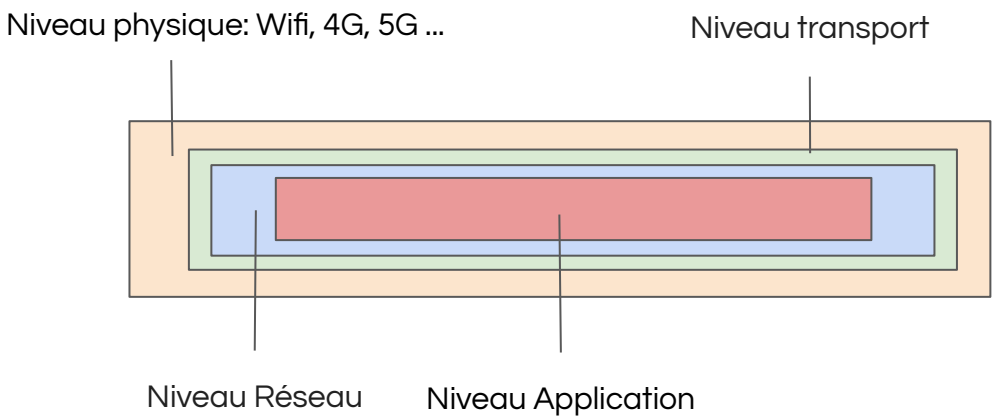
- TCP est destiné à être utilisé dans un réseau quelconque, un petit réseau local ou dans Internet.
- TCP comble les carences d'IP lorsque les applications requièrent une grande fiabilité.
- Ce protocole de transport, lourd et complexe, met en œuvre la détection et la correction d'erreurs, gère le contrôle de flux et négocie les conditions du transfert des données entre les deux extrémités de la connexion,
- L'entité gérée par le protocole TCP s'appelle le segment,
- Le module TCP sollicite le module IP pour le service de transmission.

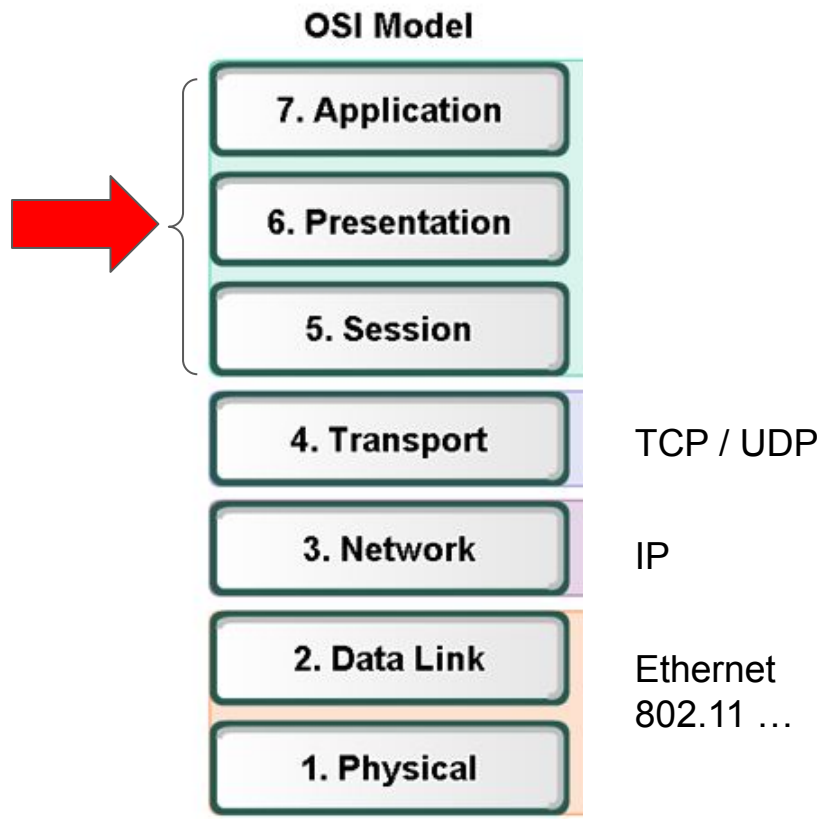
Les protocoles de communications / Couche transport / UDP

- UDP est un protocole de transport sans connexion,
- C'est un protocole non fiable, beaucoup plus simple que TCP,
- L'utilisateur n'est donc pas assuré de l'arrivée des données dans l'ordre où il les a émises, pas plus qu'il ne peut être sûr que certaines données ne seront ni perdues, ni dupliquées,
- Utilisé par les applications qui ne recherchent pas une grande fiabilité des données ou qui ne veulent pas assumer la lourdeur de gestion des mécanismes mis en jeu dans le mode connecté.

Application de transport de données

Structure simplifiée d'un message sur le réseau





Protocoles de transport de données

Principes:

- Les protocoles de transport de données permettent aux applications de définir un protocol applicatif d'échange de données,
- Le choix se fera en fonction de critères: vitesse, charge utile, taille …
- Le protocole permet de définir:
  - Des formats de données,
  - Des séquencements spécifiques,
  - Un chiffrement spécifique …

Protocoles de transport de données

https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7231

REST (Representational State Transfer)

- Assurer l'interopérabilité entre les systèmes informatiques sur Internet,
- Ensemble prédéfini d'opérations sans état,
  - Chaque demande contient le nécessaire pour répondre à la demande,
  - Aucun contexte client n'est stocké sur le serveur entre les requêtes.
- Le message à l'intérieur : suscite une réponse qui peut être au format XML, HTML, JSON ou tout autre format défini,
- Protocole REST : verbes HTTP GET, POST, PUT, DELETE.

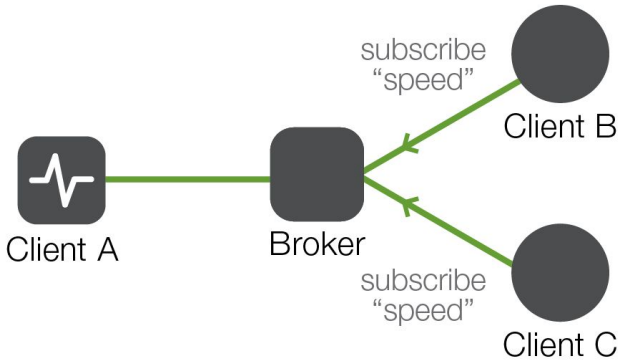
Protocoles de transport de données

http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=69466
https://en.wikipedia.org/wiki/MQTT

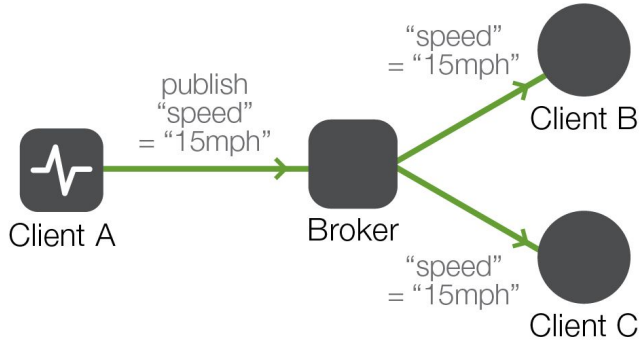
MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) - ISO/IEC PRF 20922

- Conçu pour les communications légères de machine à machine.
- Le message à l'intérieur : JSON, HTML, CSV ou même un format binaire propriétaire
- Notion de broker / publish-subscribe

All three clients open TCP connections with the broker. Clients B and C subscribe to the topic speed.



At a later time, Client A publishes a value of 15mph for topic speed. The broker forwards the message to all subscribed clients.



Protocoles de transport de données

https://tools.ietf.org/html/rfc6120
http://xmpp.org
https://en.wikipedia.org/wiki/XMPP

XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) - IETF 6120, 3920, 3921

- Communication entre machines dans de nombreux scénarios différents :
  - Demande/réponse, messagerie asynchrone et publication/abonnement
  - Connexions standard bi-directionnelles,
  - Présence (diffusion, sondages…),
  - Le message à l'intérieur : XML sur Http/WebSocket, les données binaires,
  - Extension pour « Provisioning* » (XEP-0324) et « Discovery » (XEP-347),
  - Serveur de provisionnement XMPP,

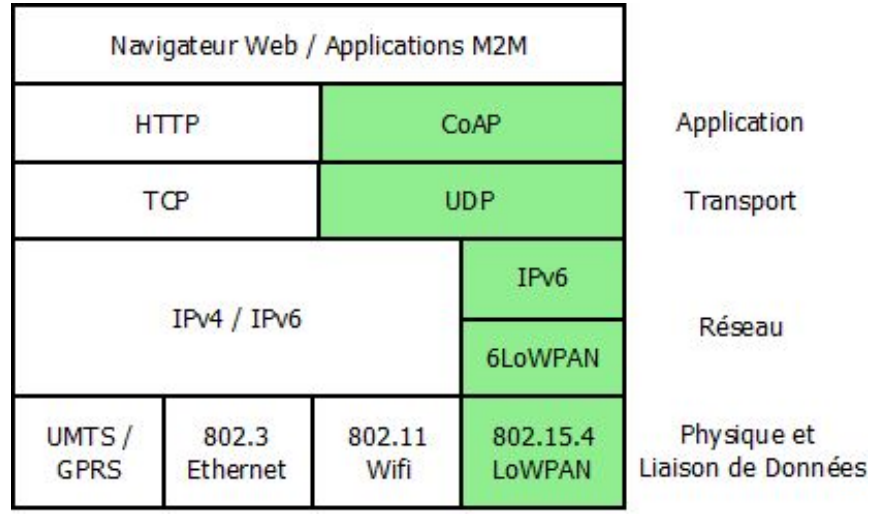
* Provisioning : permet aux appareils IoT de déléguer la confiance à des serveurs plus performants, définit comment le provisioning, la gestion des privilèges d'accès, etc., peuvent être mis en œuvre efficacement et facilement.

Protocoles de transport de données

https://tools.ietf.org/html/rfc7252
https://en.wikipedia.org/wiki/Constrained_Application_Protocol

CoAP (Constrained Application Protocol) - IETF RFC 7252

- Architecture REST,
- Utilise UDP/IP (avec mécanisme de récupération des pertes),
- Mécanisme d'observation (s'abonner et publier),
- Répertoire des ressources CoAP,
- Le message à l'intérieur : texte, binaire.



https://tools.ietf.org/html/rfc6455
https://en.wikipedia.org/wiki/WebSocket

Websocket - IETF RFC 6455 - W3C

- Technologie de communication bidirectionnelle pour les navigateurs Web et les serveurs Web,
- Côté navigateur : interface JavaScript en HTML 5,
- Utilisez TCP/HTTP (http pour protocole handshake),
- Sécurité de la couche transport (TLS),
- Le message à l'intérieur : messages en texte brut, données binaires ou images,
- Couche de transport Web Socket : XMPP, STOMP, AMQP...

Protocoles de transport de données

http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=64955
https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Message_Queuing_Protocol

AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) - ISO/IEC 19464:2014

- Connecter différents systèmes pour dialoguer entre eux (client, publish/subscribe),
- Créer des applications de messagerie multiplateformes,
- Évite d'utiliser des passerelles entre des systèmes évolutifs,
- Accusés de réception des messages,
- Le message à l'intérieur : la charge utile des messages n'est pas définie par l'AMQP,
- Utilise TCP/IP.

https://tools.ietf.org/html/rfc6762
https://en.wikipedia.org/wiki/Multicast_DNS

mDNS (multicast Domain Name System) - IETF RFC 6762

- Résolution de nom sans serveur (la base de noms est enregistrée localement dans la base),
- MDNS est basé sur le multicast (IPv4 224.0.0.251, IPv6 FF02::FB),
- UDP port 5353.

SYNTHESE

Data Protocols (ex: MQTT, CoAP, AMQP, Websocket)

Découverte (ex: Physical Web, mDNS, DNS-SD)

Infrastructure (ex: 6LowPAN, IPv4/IPv6)

Physique (ex: Wifi, Bluetooth, LPWAN)

Les systèmes multi-protocoles

Principe:

- Faciliter l'interopérabilité des systèmes avec un choix de protocoles.
- Les protocoles sont de différents niveaux: physique, application
  - WoT,
  - HTTP, MQTT, CoAP,
  - M2M,
  - Wifi, LTE, LoRa …
- Le logiciel utilise un média physique en fonction de la configuration.

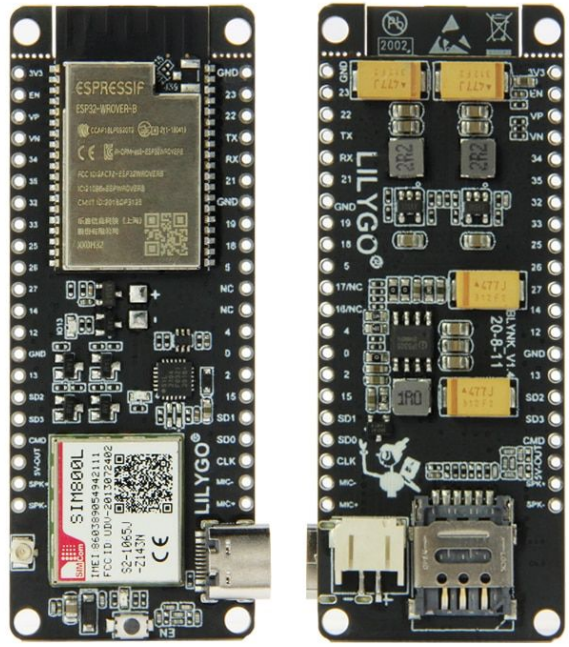
Les systèmes multi-protocoles

Exemples:

ESP32 LoRa 433/868/915/923Mhz, WiFi GPS

30 euros

wifi, du Bluetooth (ESP 32) et du GSM (SIM 800L)



45 euros

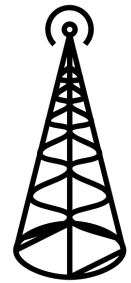
Les systèmes multi-protocoles

Exercice : Use case Agriculture / Réseau de capteurs

Définir l'architecture d'un réseau de capteur pour une zone d'agriculture. On veut récupérer des informations d'ensoleillement, de température et humidité. On veut stocker et exploiter les données pour des études d'épandage.

NB-IoT

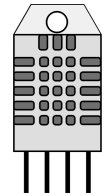
serveur



GSM

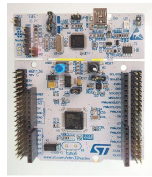
LoRa

Cloud IP



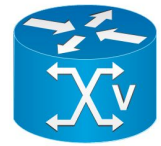
Capteur

wifi

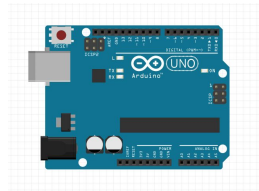


Electronique LoRa + LTE

PC

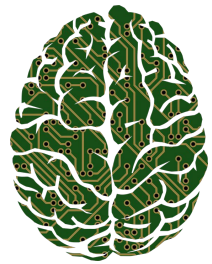


Routeur IP

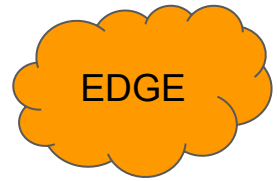


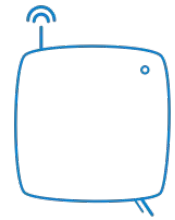
Electronique Ethernet

Switch Ethernet



IA

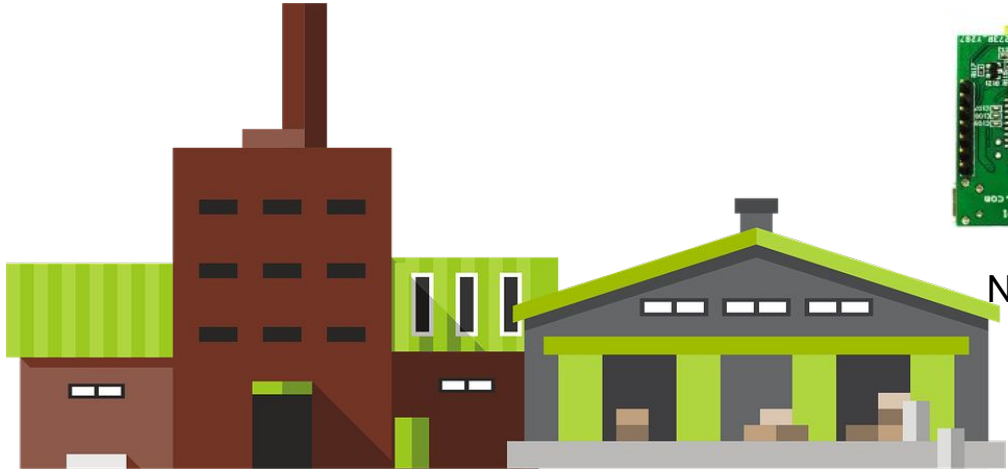




Gateway

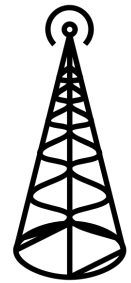
Les systèmes multi-protocoles

Exercice : Use case Factory / Réseau de capteurs



NB-IoT

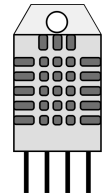
serveur



GSM

LoRa

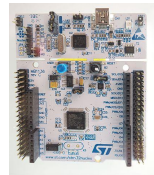
Cloud IP



Capteur

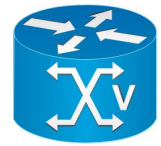
wifi

Définir l'architecture d'un réseau de capteur pour une unité de production.
Le système doit compter des éléments d'une chaîne d'assemblage, relever le Co2, la température ambiante. Le système doit réagir immédiatement en cas de température anormale. Les données sont stockées dans un cloud.

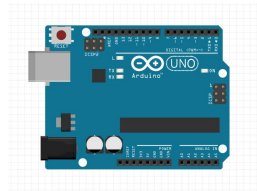


Electronique LoRa + LTE

PC

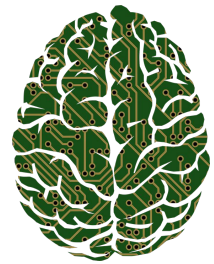


Routeur IP

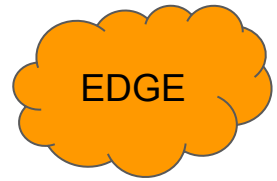


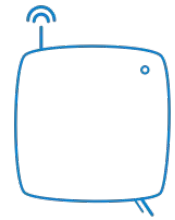
Electronique Ethernet

Switch Ethernet



IA





Gateway